



# 手の姿勢情報によって変容する視覚事象知覚に関する実験心理学的検討

|        |   |
|--------|---|
| 著者     | 齋藤 五大   |
| 学位授与機関 | Tohoku University   |
| 学位授与番号 | 11301甲第17821号   |
| URL    | <a href="http://hdl.handle.net/10097/00122538">http://hdl.handle.net/10097/00122538</a> |

博士学位論文

手の姿勢情報によって変容する視覚事象知覚に関する実験心理学的検討

東北大学大学院文学研究科  
人間科学専攻心理学専攻分野

齋藤五大

## 目 次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 要 約                               | 3  |
| 第 1 章 序論                          | 6  |
| 1.1 視覚優位から多感覚間相互作用へ               |    |
| 1.2 双安定性をもつ通過・反発知覚                |    |
| 1.3 逆光学問題から逆物理学問題へ                |    |
| 1.4 本論文の目的と枠組                     |    |
| 第 2 章 事象知覚を変容させる手の姿勢の発見とその分析      | 16 |
| 2.1 文脈情報による通過・反発知覚の変容と新たな変容因の提案   |    |
| 2.2 実験 1                          |    |
| 2.2.1 方法                          |    |
| 2.2.2 結果と考察                       |    |
| 2.3 実験 2                          |    |
| 2.3.1 方法                          |    |
| 2.3.2 結果と考察                       |    |
| 2.4 実験 3                          |    |
| 2.4.1 方法                          |    |
| 2.4.2 結果と考察                       |    |
| 2.5 第 2 章の総合考察                    |    |
| 2.5.1 反応バイアス                      |    |
| 2.5.2 付加的な視覚物体                    |    |
| 2.5.3 注意の影響                       |    |
| 第 3 章 事象知覚を変容させる手の触覚および力覚情報に関する検討 | 33 |
| 3.1 実験 4                          |    |
| 3.1.1 方法                          |    |

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| 3.1.2 結果と考察                          |           |
| 3.2 実験 5                             |           |
| 3.2.1 方法                             |           |
| 3.2.2 結果と考察                          |           |
| 3.3 第 3 章の総合考察                       |           |
| <b>第 4 章 事象知覚を変容させる手の空間的位置に関する検討</b> | <b>41</b> |
| 4.1 実験 6                             |           |
| 4.1.1 方法                             |           |
| 4.1.2 結果と考察                          |           |
| 4.2 実験 7                             |           |
| 4.2.1 方法                             |           |
| 4.2.2 結果と考察                          |           |
| 4.3 第 4 章の総合考察                       |           |
| <b>第 5 章 総合考察</b>                    | <b>50</b> |
| 5.1 通過・反発知覚の機序と HIB 効果               |           |
| 5.1.1 方向バイアス                         |           |
| 5.1.2 注意の機能                          |           |
| 5.1.3 多感覚相互作用                        |           |
| 5.2 通過・反発知覚の脳内基盤                     |           |
| 5.3 HIB 効果の生起に想定される機序                |           |
| 5.4 結論                               |           |
| <b>謝 辞</b>                           | <b>59</b> |
| <b>引用文献</b>                          | <b>60</b> |

## 要 約

本論文の主要な目的は、双安定性および両義性を有する視覚事象の知覚の成立基盤を実験心理学的に調べるために、その検討手法のひとつである通過・反発知覚事態を取り上げ、手の姿勢情報が通過・反発知覚に変容をもたらすことを見出し、その効果の規定因を考察することにあつた。

第 1 章では、はじめに、近年の視覚事象知覚に関する研究が多感覚情報処理の観点から進められていることを指摘し、なかでも単一の運動から二通りの知覚が生じ得る通過・反発知覚事態は視覚事象知覚を検討するための好例であることを示した。その事態では、モニター上に呈示された 2 物体が運動軌道に変化がないにもかかわらず、互いに接近して通り抜けていく運動（通過）として知覚される時と、重複点で衝突して跳ね返る運動（反発）として知覚される時とがある。通過・反発知覚事態は、視覚的計算論の枠組から考えると、2 次元網膜像から 3 次元世界の構造を推定する際に解が一意に定まらない不良設定問題であるが、私たちがそうした眼前の事象をより安定的に解釈するために自然界にある様々な物理的制約を利用していることを概説した。

第 2 章では、両手掌を合わせた姿勢で双安定的な通過・反発知覚事態を観察すると、その知覚事態が反発知覚方向に誘導される現象(HIB 効果: Hands-induced bounce effect) をもたらす要因について考察した。

Sekuler, Sekuler, and Lau (1997) は、2 個の視覚物体が交差する時に同期して聴覚刺激を瞬間的に呈示すると、反発事象の知覚が優勢になることを確認した。彼らの報告は、視覚運動事象の知覚的体制化が聴覚から独立したモジュールではなく、多感覚からの入力情報の相互作用に基づくことを意味し、Sekuler et al. (1997) 以降、視覚事象知覚に関する研究は、多感覚刺激の文脈的適切性の観点

から進められつつある。しかし、視覚事象知覚の成立基盤とその機序についてはなお未解明な点が多く、特に知覚主体の身体を中心とする座標系情報がいかに通過・反発知覚に影響するのかについてはほとんど検討がなされていない。そこで本研究の実験 1 では、双安定的な通過・反発知覚事態を知覚する時に、手を合わせるという姿勢の身体的な接触情報がその知覚を反発事象の知覚に誘導することを新たに示し、さらに実験 2 および実験 3 では、その HIB 効果が手に関する視覚情報に起因するのではなく、主に両手掌を合わせた姿勢情報（自己受容感覚情報と触覚情報）から生じることを議論した。

第 3 章の実験 4 および実験 5 では、両手を合わせた姿勢時に生じる触覚情報の有無とその力の程度（力覚情報）がそれぞれ通過・反発知覚に変容をもたらすかどうかを調べた。その結果、両手掌の直接的な接触が反発知覚の促進に重要な役割を果たすが、両手掌を押し合う力はその強弱にかかわらず HIB 効果の生起にほとんど影響を及ぼさないことが確認された。

第 4 章の実験 6 および実験 7 では、多感覚的な事象知覚における空間的一致性の問題を取り上げ、手の空間的な位置が HIB 効果を調整するかどうかを確認した。その結果、合わせた両手が通過・反発刺激に空間的に近接すると、HIB 効果は生起したが、両手が机の上などモニターから空間的に離れたところに位置した時、HIB 効果は確認されなかった。これらの結果を総合して、HIB 効果は両手掌を合わせた姿勢の感覚入力情報の強度に依存して生じるのではなく空間的選択制をもつために、その姿勢に関する自己受容感覚情報や触覚情報を基礎とする感覚モダリティー特有の文脈に由来して生起することを論じた。

最後に第 5 章では、本論文の結果をまとめ、総合考察を行った。通過・反発知覚に関する先行研究および本研究の結果を踏まえると、しばしば通過・反発知覚の説明に用いられる視覚初期における方向バイアスや注意の機能は HIB 効果の

決定的な規定因ではなく、体性感覚系と視覚系による多感覚的な情報処理過程がその効果を生起させる基礎となることが確認された。たとえば、現実世界で生じる衝突に類似した特徴をもつ音の呈示が類似しない音よりも反発知覚を優位にもたらしことが先行研究から明らかにされている。このように複数の感覚モダリティーから最も一貫性のある信号を受け取ることができれば、曖昧性をもつ通過・反発知覚事態から安定的な知覚がもたらされると考えられる。本論文の結果は、両手掌を合わせた姿勢情報が双安定な通過・反発知覚事態を反発知覚方向に導き出す促進的な手掛かりになることを示唆する。本論文で得られた知見は、体性感覚系が視覚事象知覚の安定性に寄与するという点で、この分野の研究を自己身体との相互作用を考慮した観点から理解する方向に前進させる意義を有する。

## 第 1 章 序論

本論文の主要な目的は、双安定性および両義性を有する視覚事象知覚の成立基盤を検討するために、通過・反発知覚事態を取り上げ、手の姿勢情報がその知覚に変容をもたらすことを見出し、その効果を規定する要因を考察することにある。

第 1 章では、はじめに事象知覚研究において感覚間相互作用を示す研究を概観し、その検討手段として通過・反発知覚事態を紹介する。そして、視覚事象の知覚に伴い発生する諸問題を整理し、その研究動向から本論文の基本的な枠組を述べる。

### 1.1 視覚優位から感覚間相互作用へ

私たちは環境内にある膨大で様々な要素から成り立つ物理的な刺激にさらされているにもかかわらず、刺激に対応する感覚器官を通じて事物および事象の性質や含意をすばやく適切に推定することが可能である。事象は知覚における一単位と考えられており (Cutting, 1981), 3 次元空間および時間によってもたらされる物体の変化であると説明される (Zacks & Tversky, 2001)。通常、私たちは複数の感覚モダリティーからの情報を利用してより安定的な知覚をもたらすが、古典的には視覚が聴覚に影響を及ぼすことを示した研究例がよく知られており、視覚は感覚間にわたる相互作用の際に優位なモダリティーと考えられてきた。たとえば、‘ba’ の音声と ‘ga’ と発音する映像が同時に呈示されると、‘da’ という音声として知覚されるマガーク効果 (Green & Kuhl, 1989; McGurk



& MacDonald, 1976; Sekiyama & Tohkura, 1991) や視覚情報が音源定位に影響を及ぼす腹話術効果 (Alais & Burr, 2004; Bertelson & Radeau, 1981; Jack & Thurlow, 1973) はその代表的な事例である。

しかし、2000 年前後を境にして報告された分裂錯覚 (Shams, Kamitani, & Shimojo, 2000, 2002) や聴覚刺激の呈示による通過・反発知覚の変容 (Sekuler, Sekuler, & Lau, 1997) は、聴覚が視覚に影響を及ぼすことを新たに示し、従来考えられてきた感覚間相互作用における視覚優位な見方を覆す点で興味深い現象である。

## 1.2 双安定性をもつ通過・反発知覚

通過・反発刺激 (stream/bounce display) は、単一の運動から二通りの知覚が生み出される双安定性 (bistability) および曖昧性 (ambiguity) を有する知覚事態である。2 次元画面上に呈示された通過・反発刺激は、2 個の同一な視覚物体が互いに接近し、重なり合った後に離れていく直線運動を示す (図 1.1A 参照)。ゲシュタルト心理学者である Metzger (1934) はこの 2 物体が双安定性をもつ知覚事態の例として導入した。2 物体は、運動軌道に変化がないにもかかわらず、互いに接近して通り抜けていく運動 (通過: stream) として知覚される時と、重複点で衝突して跳ね返る運動 (反発: bounce) として知覚される時とがある (図 1.1B および C 参照)。Metzger (1934) が紹介した通過・反発知覚事態は、基礎的な事象知覚原理の追求だけにとどまらず、特に Sekuler et al. (1997) の研究以降、視覚運動知覚および多感覚相互作用などの成立基盤を検討する有力な手段のひとつとして数多くの研究で実験の刺激に使用されてきた経緯がある (たとえば,

Feldman & Tremoulet, 2006; Fujisaki, Shimojo, Kashino, & Nishida, 2004; Goldberg & Pomerantz, 1982; Kanizsa, 1969; Michotte, 1946/1963, 総説として Shimojo et al., 2001; Shimojo & Shams, 2001)。

通過・反発刺激は観察者に通過事象の知覚と反発事象の知覚のどちらかを提供する曖昧な視覚刺激であるにもかかわらず、一般的には反発事象の知覚よりも通過事象の知覚を優位にもたらしことが知られている (Bertenthal, Banton, & Bradbury, 1993; Goldberg & Pomerantz, 1982; Sekuler & Sekuler, 1999)。しかし、これまでの研究では、聴覚的な手掛かり (Grassi & Casco, 2009, 2010; Sekuler et al., 1997), 内発的および外発的な注意の捕捉 (Burns & Zanker, 2000; Kawabe & Miura, 2006; Watanabe & Shimojo, 1998), 感覚内群化 (Kawachi & Gyoba, 2006; Watanabe & Shimojo, 2001b), 心的イメージ (Berger & Ehrsson, 2013, 2017) などが通過・反発知覚の変容因となることを明らかにしてきた。

なかでも Sekuler et al. (1997) は 2 個の視覚物体が交差する時に同期して聴覚刺激を瞬間的に呈示すると、反発事象の知覚が優勢になることを新たに示した。彼らの報告は、視覚運動事象の知覚的体制化が聴覚から独立したモジュールではなく、多感覚からの入力情報の相互作用に基づくとする解釈を促し、多感覚情報に関する事象知覚の研究を促す契機を与えた。

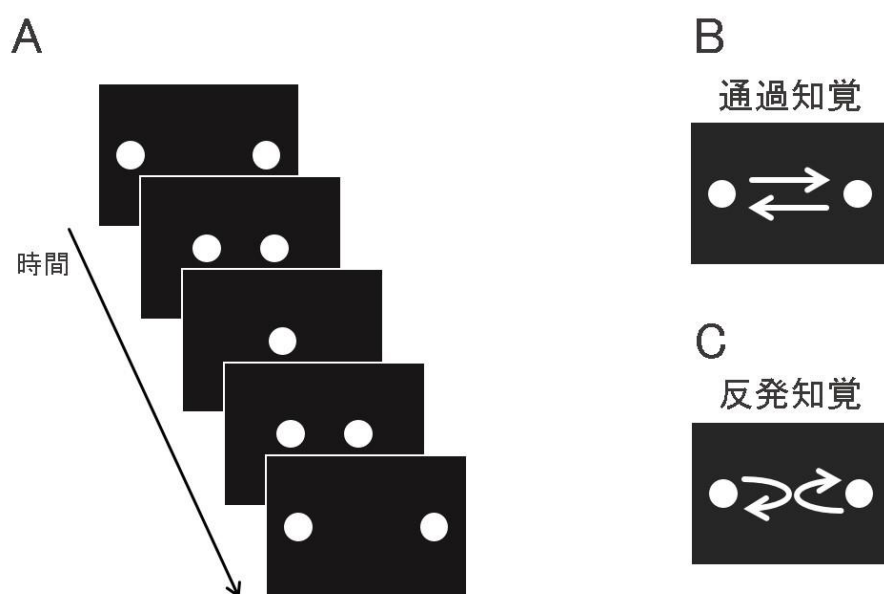


図 1.1 A は通過・反発刺激の略図を示す。A における 2 個の白円は呈示された視覚運動刺激を示す。B と C は通過・反発刺激の観察時に生じる通過と反発の知覚事態をそれぞれ示す。白い矢印は知覚された運動軌道を表す。

### 1.3 逆光学問題から逆物理学問題へ

Metzger (1932) が示した通過と反発のどちらにも見える曖昧性をもつ知覚事態は、Marr (1982) による視覚の計算理論的な枠組から考えると逆光学問題 (inverse optics problem) と見なされる。通常の光学過程では 3 次元の世界から 2 次元の網膜像に光情報が入力される。そのため対象とする 3 次元物体の構造とその観察者の視点との双方が決定されれば網膜上に投影される 2 次元像は一意に定まる。これに対して視覚系による 2 次元網膜像から 3 次元世界の構造を推定する過程は、光学とは逆の過程とみなせるため逆光学と呼ばれることがある。この 2 次元情報から 3 次元世界を構築しようとする視覚情報処理は、Hadamard によって定義された典型的な不良設定問題 (ill-posed problem) といえる (Poggio & Koch, 1985; Poggio, Torre, & Koch, 1985)。

Hadamard (1923) は数学の特に偏微分方程式の分野で不良設定性を最初に導入した。その定義にしたがえば、解が存在して、解が一意であり、そして解がデータの変化に連続に依存するという 3 つの性質が満たされる問題は良設定となるが、これらの条件のうち 1 つでも満たされない問題は不良設定となる。逆光学的な推定過程を含むたいていの逆問題は不良設定問題になる。

たとえば、観察者が図 1.2A で表された 3 次元立方体をある位置から見ると、網膜上に正方形の 2 次元像が得られる。しかし、その 2 次元像から 3 次元物体の構造を把握しようとする、立方体、円柱、あるいは三角柱というように、その解が無数に導き出されてしまうことがある (図 1.2A 参照)。そうすると解が一意に収束しないために、現実世界のより正確な把握に著しい困難をきたす。

同様に通過・反発知覚事態もこの逆光学問題に直面すると考えられる。この事態は 3 次元の現実世界では両物体が互いに通り抜ける事象と衝突する事象をそ

れぞれ代表する。つまり、現実ではまったく異なった性質を表す 2 事象であるにもかかわらず網膜上では同一の視覚入力となり通過事象と反発事象の知覚が両立することになる（図 1.2B 参照）。

しかし、私たちは眼前の物体や事象の解釈に深刻な曖昧さを感じることなくそれらを容易に把握することができる。一般的には、陰影、遮蔽や剛体性などの現実世界に存在するさまざまな物理的な法則を拘束条件や先見的な知識として実装することにより、このような視覚系に生じる不良設定問題を解決することが提案されてきた（川人, 1996; Marr, 1982; Poggio, Torre, & Koch, 1985）。こうした枠組を抛りどころとすれば、双安定性をもつ通過・反発刺激を観察した時に生じ得る事象知覚の解釈についても一義的な解が得られる可能性が高まることが考えられる。

Ramachandran and Anstis (1983b) は、自然界の運動にかかわる最もよく知られた体系である Newton による運動の第一法則（慣性の法則）の視覚的顕在化として運動視が捉えられると考えている。Sekuler and Sekuler (1999) は心理物理学的手法を用いた実験の結果からこの考え方を通過・反発知覚の説明原理にも援用しており、下記の 2 点を指摘している。第 1 には人間の視覚系は物体の運動が Newton の第一法則で捉えられた特性と一致した世界で機能すること、そして第 2 には神経系が Newton の法則の妥当性を潜在的に認識していれば、そのことが運動物体を即時的に分析する手助けとなることを述べている。こうした物理的な法則を現実世界の理解のための制約条件や先見的知識として考慮すれば、通過・反発刺激の観察時における通過知覚の優位性が説明可能であると考えられる。通常、自然界で 2 個の運動物体が同一の時空間内に実在することは非常に困難である。運動物体同士の時空間的一致は非弾性の衝突と、光、音、熱などのエネルギーを伴い力学エネルギーの消失を引き起こす。非弾性の衝突はぶつか

った物体の形状を変形させることもある。しかし、通過・反発刺激は自然界で生じる衝突事象（反発事象の知覚）とは異なる特徴を備えもつために、その視覚入力の曖昧な性質にもかかわらず通過事象の知覚が優勢になると多くの研究者は見なしている (Sekuler & Sekuler, 1999; Sumi, 1995; Watanabe & Shimojo, 1998, 2001a, 2001b)。通過知覚を覆す物理的な状況として 2 個の運動物体が一部分しか重複しない条件 (Grassi & Casco, 2009, 2012) や重複時に短い間休止する条件 (Burns & Zanker, 2000; Sekuler & Sekuler, 1999; Sekuler et al., 1997) では、反発知覚が優勢になる。物体同士が同一の奥行面に並ぶことはめったにないことや、急に運動速度や方向を変えないケースの確率のほうが多いことなどから、Watanabe and Shimojo (2001a) も典型的な物理事象の側面から通過・反発知覚事態においては通過知覚が優勢であり、反発知覚はそれに比べて生じにくいことを示している。このように視覚系は双安定的な運動をより安定的に解釈するために、Newton の法則のような物理的制約を利用していると考えられる。

聴覚刺激が視覚事象知覚を変容させることを明らかにした Sekuler et al. (1997) の研究は、事象知覚判断が視覚的な特徴のみに依存するというよりは多感覚的であることを示す好例である。これは視覚事象の掌握が視覚に関わる情報だけに制約されるのではなく聴覚情報も参照されることを表す。たとえば、自然界における 2 物体の衝突は衝撃音を生じさせるために (Gaver, 1993a, 1993b)、通過・反発刺激の重複時に時間的に同期して呈示された聴覚刺激は視聴覚刺激間の結合を作り出し、その聴覚刺激は視覚事象の解釈を反発知覚に導くと考えられる。事実、2 物体の重複と呈示される聴覚刺激の間に時間的なずれが生じると、聴覚刺激がその視覚事象の知覚に影響を及ぼす割合は低くなることが報告されている (たとえば、Remijn, Ito & Nakajima, 2004; Sekuler et al., 1997)。このように視覚事象の知覚が聴覚から独立でなく複数の感覚情報を含む視聴覚間の相互作用に

基づくために、Watanabe and Shimojo (2001b) はこの問題が逆光学的な問題でなく逆物理学的な (inverse physics) 問題であることを指摘した。

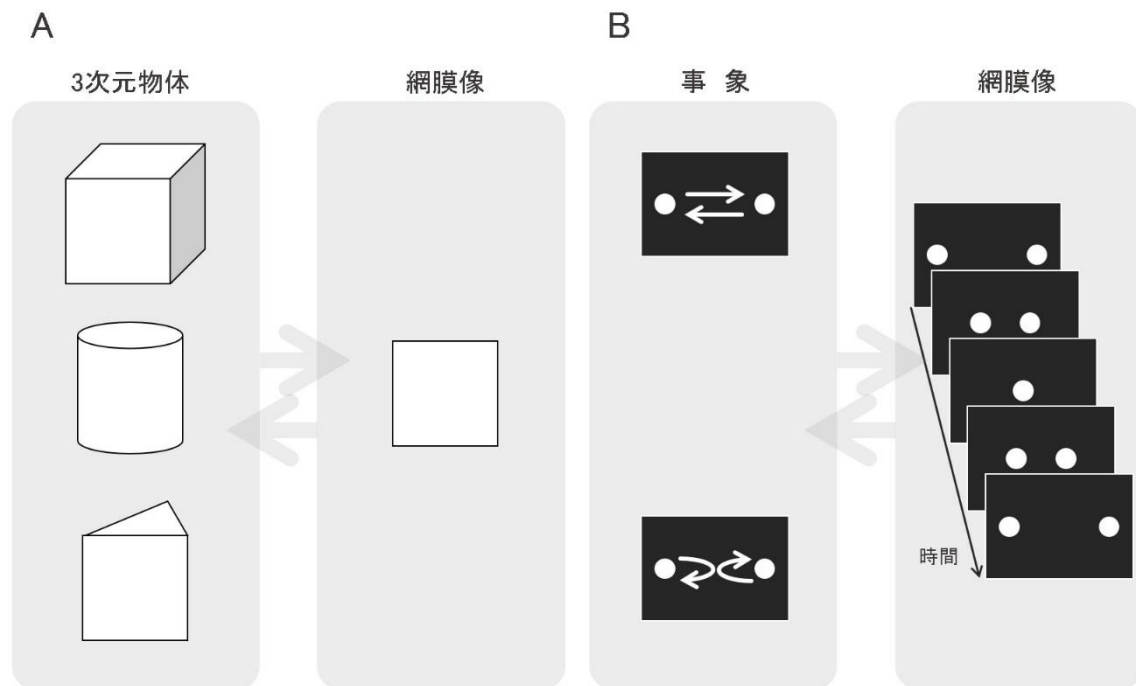


図 1.2 (A と B) 3 次元物体および通過・反発刺激における視覚情報の入力過程とその推定過程 (順光学過程と逆光学過程)。

#### 1.4 本論文の目的と枠組

本論文の目的は、双安定性および両義性を有する視覚事象をより安定的に知覚するための基盤を、実験心理学的な手法により精緻に検討することにある。この目的を達成するために、本論文では、外界の知覚対象の意味をより積極的に理解しようとする事例として、視覚と手を用いた身体活動の相互作用によって生じる多感覚情報処理に注目する。

近年、視覚事象知覚に関する研究は、多感覚情報処理の観点から進められている。しかし、視覚事象知覚の成立基盤とその機序についてはなお未解明な点が多く、特に知覚主体の身体を中心とする座標系情報がいかに視覚事象知覚に影響するのかについてはほとんど検討がなされていない。

そこで第 2 章では、視聴覚的な文脈情報が双安定的な通過・反発知覚を変容させることを示す研究例などを紹介し、身体、特に手に関わる姿勢情報が、視覚的な事象知覚の解釈に関与する可能性について論述した。それらの議論を受けて、実験 1 では、通過・反発刺激のような曖昧な知覚事態を解釈する時に、手を合わせるという姿勢の身体的な接触情報がその知覚を反発事象の知覚に誘導することを見出した（HIB 効果：Hands-induced bounce effect）。さらに実験 2 および実験 3 では、その HIB 効果が手に関する視覚情報に起因するのではなく、主に両手掌を合わせた姿勢情報（自己受容感覚情報と触覚情報）から生じることを確認した。

第 3 章の実験 4 および実験 5 では、HIB 効果の規定因をより詳しく検討するために、両手を合わせた姿勢時に生じる触覚情報の有無とその力の程度（力覚情報）がそれぞれ通過・反発知覚を変調させるかどうかを検討した。

第 4 章の実験 6 および実験 7 では、多感覚的な事象知覚における空間的一致



性の問題を取り上げて、手の空間的な位置が **HIB** 効果を調整するかどうかを確認した。

最終章の第 5 章では、通過・反発知覚に関する先行研究に基づき、**HIB** 効果の想定される機序について議論を展開した。

## 第2章 事象知覚を変容させる手の姿勢の発見とその分析

2 個の視覚物体がお互いに等速直線的に接近して交差する運動を呈示すると、その運動は通過事象と反発事象のどちらかに知覚される (Goldberg & Pomerantz, 1982; Metzger, 1934; Michotte, 1946/1963)。Sekuler et al. (1997) は通過・反発刺激を用いて 2 個の視覚物体の重複時に同期して瞬間的に呈示された聴覚刺激がその知覚を反発知覚方向に導き、視聴覚による感覚間相互作用が曖昧な視知覚の解決に貢献することを明らかにした。本章では、Sekuler et al. (1997) 以降の視覚事象知覚に関する研究動向を踏まえて、反発事象知覚の手掛かりとなる手の姿勢情報が視覚運動に関する事象知覚を変容させる可能性を実験的に検証する。

### 2.1 文脈情報による通過・反発知覚の変容と新たな変容因の提案

第 1 章では、双安定的な通過・反発知覚事態における通過知覚の優位性と聴覚刺激による反発知覚優位への切替わりが、視覚や聴覚などの多感覚的な入力情報に基づき、現実世界で高い確率で生じる物理的事象の結果を反映することを指摘した。しかし、視覚事象知覚は、前章で論じたような物理法則のみに従い推定されるわけではない。たとえば、曖昧性をもつ運動物体の近傍に同期して呈示された刺激はその運動物体の知覚を安定的に導くことが以前から数多く報告されている (Choi & Scholl, 2004; Ramachandran & Anstis, 1983a, 1985; Sanabria, Soto-Faraco, Chan, & Spence, 2004; Sanabria, Soto-Faraco, & Spence, 2004; Scholl & Nakayama, 2002)。

Watanabe and Shimojo (2001b) は、通過・反発知覚における聴覚刺激による反

発知覚の誘導効果が同一の聴覚刺激の連続的な呈示（図 2.1A 参照）によって減衰することを示した。さらに視覚的な文脈に注目した研究では、通過・反発刺激の近傍でともに水平運動する物体を呈示すると（図 2.1B 参照）、聴覚刺激の呈示にもかかわらず、通過知覚が優勢になることを報告している（Kawachi & Gyoba, 2006）。通常、通過・反発刺激に対する聴覚刺激の呈示は反発事象の知覚を優位に導く強力な手掛かりになる。しかし、Watanabe and Shimojo (2001b) および Kawachi and Gyoba (2006) では、連続的に呈示された聴覚刺激同士が、もしくは通過・反発刺激とその近傍を並走する運動物体同士が、それぞれ文脈的に単一の事象群として知覚されたために、聴覚刺激による反発知覚の誘導効果が弱められ、通過知覚が優勢になることを示唆している。

上記のように、通過・反発知覚に関する研究は、主として視聴覚相互作用の観点から進められているが、近年、身体運動や姿勢情報が双安定性をもつ視覚事象知覚を変容させることも報告されている（Mitsumatsu, 2009; van Elk & Blanke, 2012; Wohlschläger, 2000）。特に Wohlschläger (2000) は、実験参加者が左右のどちらにも回転しているように見える仮現運動刺激を観察しながらノブを右から左もしくは左から右のどちらかに回転させると、その仮現運動刺激の知覚方向が手の回転方向に依存して変容することを明らかにした。すなわち、この実験結果は、環境内にある知覚主体の手に関する座標系情報が視覚事象知覚に影響を及ぼす重要な手掛かりとなることを示唆する。このような研究動向を踏まえると、身体感覚情報が対象とする双安定的な視覚知覚事態に適切な文脈となれば、その身体情報が安定的な知覚の成立に貢献すると考えられる。そこで実験 1 では、通過・反発知覚事態を用いて、両手掌を合わせるという姿勢の身体的な接触情報が通過・反発知覚を反発知覚方向に誘導する手掛かりとなり得るかどうかを検討した。

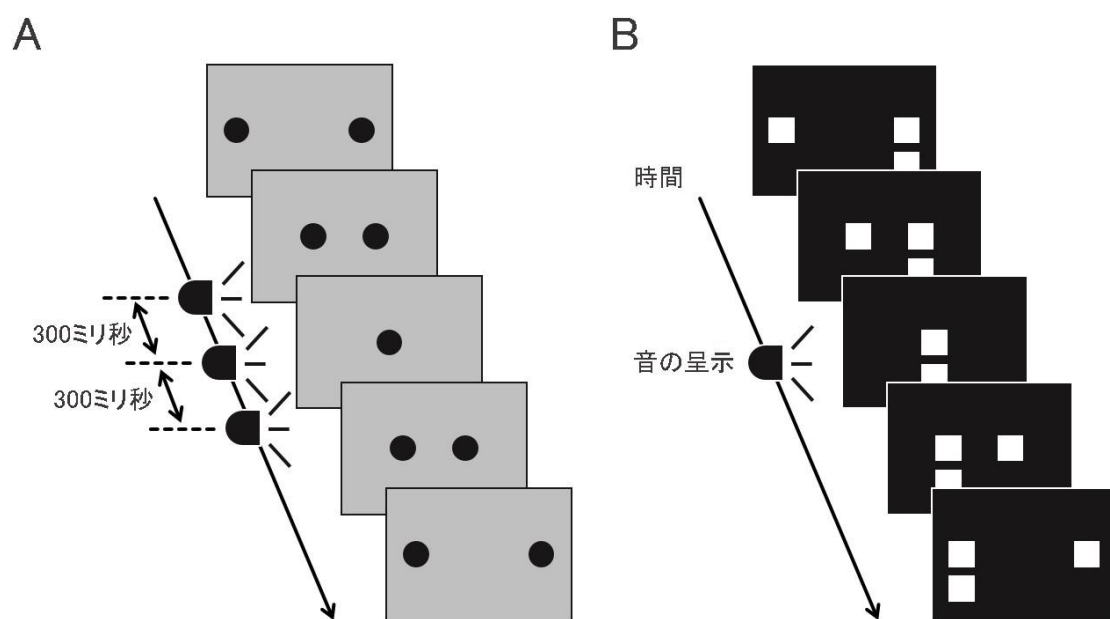


図 2.1 (A) Watanabe and Shimojo (2001b) と (B) Kawachi and Gyoba (2006) の  
実験で用いられた刺激の略図。両論文の図を参考にして作成。

## 2.2 実験 1

実験 1 の目的は、手の向き、特に両手掌を合わせた姿勢が双安定性をもつ視覚事象知覚を反発知覚方向に変容させるかどうかを確認することにあった。

### 2.2.1 方法

**実験参加者** 大学生および大学院生 20 名（男性 13 名，女性 7 名，平均年齢 22.2 歳）がそれぞれ個別に実験 1 に参加した。各実験参加者は矯正を含めて正常な視力を有していた。

本論文における実験 1 から実験 7 までのすべての実験は、東北大学大学院文学研究科調査・実験倫理委員会の承認を受け、ヘルシンキ宣言に則して実施された。

**刺激** 図 2.2 は実験で用いた視覚運動刺激の略図を示す。CRT モニター（フレーム率 60 Hz）に呈示された刺激は 2 個の同一の白円（直径約 0.7 deg）であった。その 2 個の白円は背景が黒色の画面にそれぞれ左右両端約 20 deg の距離に表示され、互いに水平方向に約 10 deg/s で接近、交差して、離れて行く運動を示し、表示された位置に戻った時に画面から消された。

**手続** 実験参加者は CRT モニターから視距離 40 cm の位置にある顎台の上に顔を置いて椅子に座り、モニター上に呈示された通過・反発刺激を観察した。彼らは視覚刺激を観察した後に、その刺激が通過事象と反発事象のどちらに見えたかを口頭で答えるように教示を受けた。図 2.3 中の 6 枚の写真は実験 1 で用いられた全 6 条件を示す。実験 1 の始めと終わり（1 番目と 6 番目）に行われた 2 種類の統制条件である No hands (first) 条件および No hands (last) 条件では、実験参加者は両手を膝の上に置いた。その間の 2 番目から 5 番目までの 4 種類の

実験条件では、実験参加者は通過・反発刺激が交わる画面中央の真下に条件毎に異なる姿勢で手を置いた。Hand leftward 条件では、右手を画面前に置き、左手を膝の上に置いた。Hands together 条件では、両手掌を合わせた。Hands leftwards 条件では、左手の手背と右手の手掌を合わせた。Hands cross 条件では、両手を交差して両手背を合わせた。これらの実験条件は各実験参加者に無作為な順番で実施された。実験参加者は練習試行として No hands 条件を 10 回受けた後、本試行を全 300 回（50 試行×6 条件）受けた。

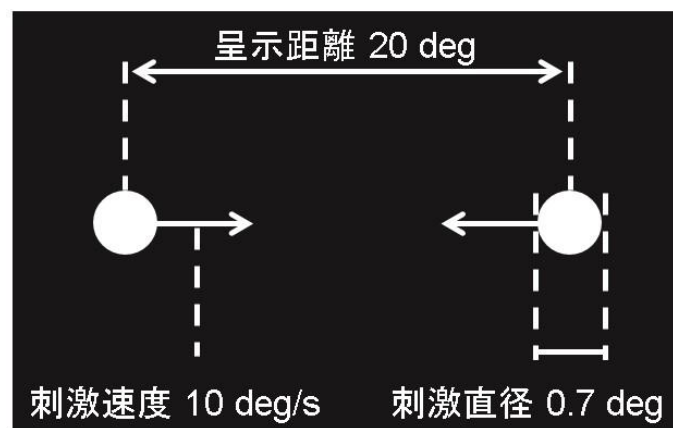


図 2.2 実験で用いられた通過・反発刺激の略図。Saito and Gyoba (2016) より一部改変。

### 2.2.2 結果と考察

図 2.3 は 6 条件の平均反発知覚回答率を示す。1 要因 6 水準の参加者内分散分析の結果は手の向きの主効果が有意であることを示した ( $F_{1,95} = 2.44, p = .04, \eta_p^2 = 0.11$ )。多重比較には先行研究の分析手法 (Kawabe & Miura, 2006; Kawachi & Gyoba, 2013) およびその普遍的な適用可能性 (Horn, 1981) を鑑みて Ryan 法 (Ryan, 1960) を採用した。Ryan 法による多重比較の結果は、Hands together 条件の反発知覚率 ( $M = 60\%$ ) がその他の条件よりも有意に高いことを示した ( $t_{95} = 2.77, p = .007$ ;  $t_{95} = 1.72, p = .089$ ;  $t_{95} = 2.00, p = .049$ ;  $t_{95} = 2.28, p = .025$ ;  $t_{95} = 3.17, p = .002$ )。それ以外の条件間では反発知覚率に有意差はいずれも認められなかった (No hands (first) vs. Hand leftward:  $t_{95} = 1.05, p = .30$ ; No hands (first) vs. Hand leftward:  $t_{95} = 0.77, p = .44$ ; No hands (first) vs. Hands cross:  $t_{95} = 0.49, p = .62$ ; No hands (first) vs. No hands (last):  $t_{95} = 0.40, p = .69$ ; Hand leftward vs. Hands leftward:  $t_{95} = 0.27, p = .78$ ; Hand leftward vs. Hands leftward:  $t_{95} = 0.28, p = .78$ ; Hand leftward vs. Hands cross:  $t_{95} = 0.55, p = .58$ ; Hand leftward vs. No hands (last):  $t_{95} = 1.44, p = .15$ ; Hands leftward vs. Hands cross:  $t_{95} = 0.28, p = .78$ ; Hands leftward vs. No hands (last):  $t_{95} = 1.17, p = .25$ ; Hands cross vs. No hands (last):  $t_{95} = 0.89, p = .38$ )。

実験 1 におけるこれらの結果は、手掌と手掌を合わせた姿勢 (Hands together 条件) が衝突事象の手掛かりとして双安定的な通過・反発知覚事態の見え方を反発知覚へと誘導するが、左手背と右手掌を合わせた姿勢 (Hands leftward 条件) や手背と手背を合わせた姿勢 (Hands cross 条件) は通過・反発知覚にほとんど影響を及ぼさないことを示した。すなわち、この両手掌を合わせた姿勢のみが視覚運動の事象知覚を変容させることを示唆する。以後、本論文ではこの現象を HIB 効果 (Hands-induced bounce effect) と呼ぶ。1 番目 ( $M = 46\%$ ) と 6 番目 ( $M = 44\%$ ) に実施された統制条件 (No hands 条件) 間で反発知覚率に有意差は認め

られなかったために、通過・反発の知覚に対する手の姿勢の変化前後の影響もほとんどないと推察される。

しかし、実験 1 で観察された **HIB** 効果が実験参加者自身の手に関する視覚情報あるいは自己受容感覚情報や触覚情報のいずれの要因に由来するかはなお明確ではない。そこで後続の実験 2 および実験 3 では、**HIB** 効果を生起させる可能性があるより重要な要因をより精緻に調べることを試みた。次の実験 2 では、実験参加者の手の代わりにラバーハンドを用いることで、反発知覚の促進が手に関する視覚情報に依存して生じるかどうかを検討した。



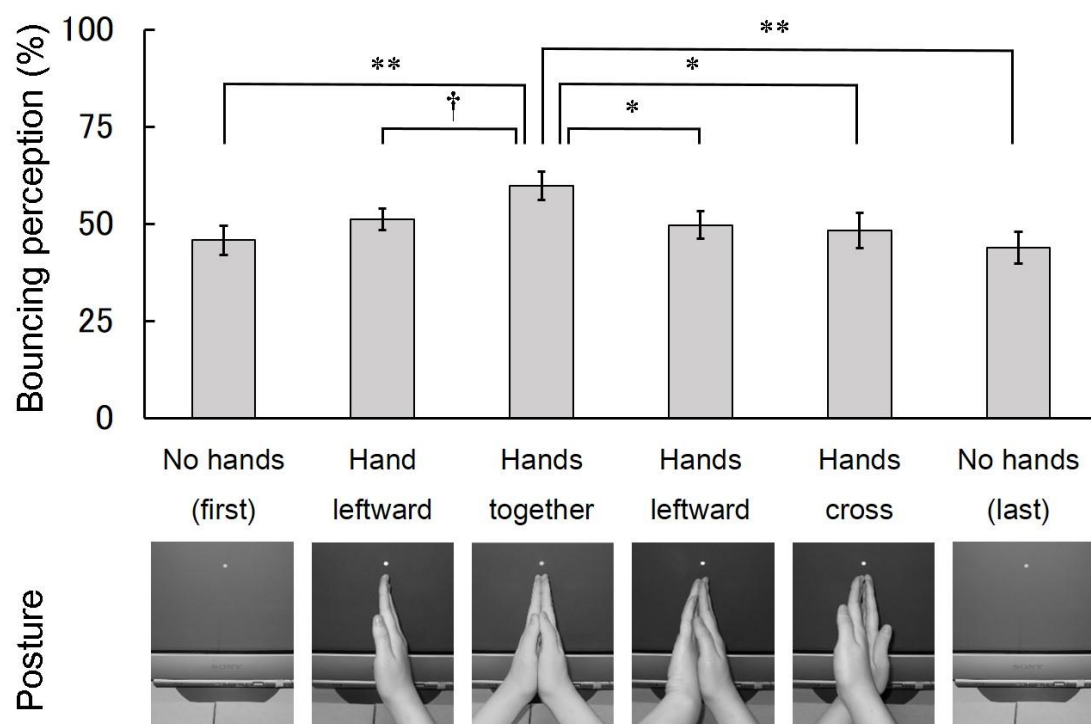


図 2.3 実験 1 における各条件の平均反発知覚回答率 (%) とモニター前に置かれた手の姿勢。エラーバーは標準誤差を示す。条件間のオベリスクおよびアスタリスクは有意差を示す (†  $p = .08$ , \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ )。Saito and Gyoba (2016) より一部改変。

## 2.3 実験 2

実験 2 では、実験 1 で観察された HIB 効果が手の自己受容感覚情報や触覚情報と関連性を持たない手の視覚情報に依存して生起するかどうかを調べた。実験 1 では実験参加者がモニターの前に自身の手を置いたが、実験 2 では実験参加者の手の代わりにラバーハンドが実験 1 と同じように置かれた。もし HIB 効果が合わせた両手掌の視覚情報に由来して生起するなら、ラバーハンドの存在は反発知覚を促進すると考えられる。しかし、もし HIB 効果がその両手の自己受容感覚情報や触覚情報に依存して生じるなら、ラバーハンドの設置はほとんど通過・反発刺激の知覚に影響を及ぼさないと考えられる。

### 2.3.1 方法

**実験参加者** 大学生および大学院生 17 名（男性 8 名、女性 9 名、平均年齢 22.6 歳）がそれぞれ個別に実験 2 に参加した。全ての実験参加者は矯正を含めて正常な視力を有していた。

**刺激** 視覚運動刺激は実験 1 で使用されたものと同一であった（図 2.2 参照）。

**手続** 実験参加者の課題は実験 1 と同じであったが、実験条件は下記の通り実験 1 と異なった。実験 2 では実験参加者自身の手の代わりにラバーハンドがモニターの前に実験 1 と同じ手の向きになるように置かれた。ラバーハンドに身体所有感が生じるのを防ぐために、実験参加者は腕を組んだまま刺激を観察するように教示を受けた。

### 2.3.2 結果と考察

図 2.4 は 6 条件の平均反発知覚回答率を示す。これらの条件に対する参加者内 1 要因 6 水準の分散分析を行ったところ、モニター前に設置されたラバーハンドに関する主効果は認められなかった ( $F_{5,80} = 1.26, p = .30, \eta_p^2 = 0.07$ )。

実験 2 の結果は、設置されたラバーハンドの視覚入力情報がその手掌の方向にかかわらず通過・反発の知覚にほとんど影響を及ぼさないことを示した。したがって、手に関する視覚情報の入力だけでは実験 1 における通過・反発知覚の変容を説明できないと考えられる。次に実験 3 では、この HIB 効果に対する手の自己受容感覚情報や触覚情報の寄与について検討を加えた。

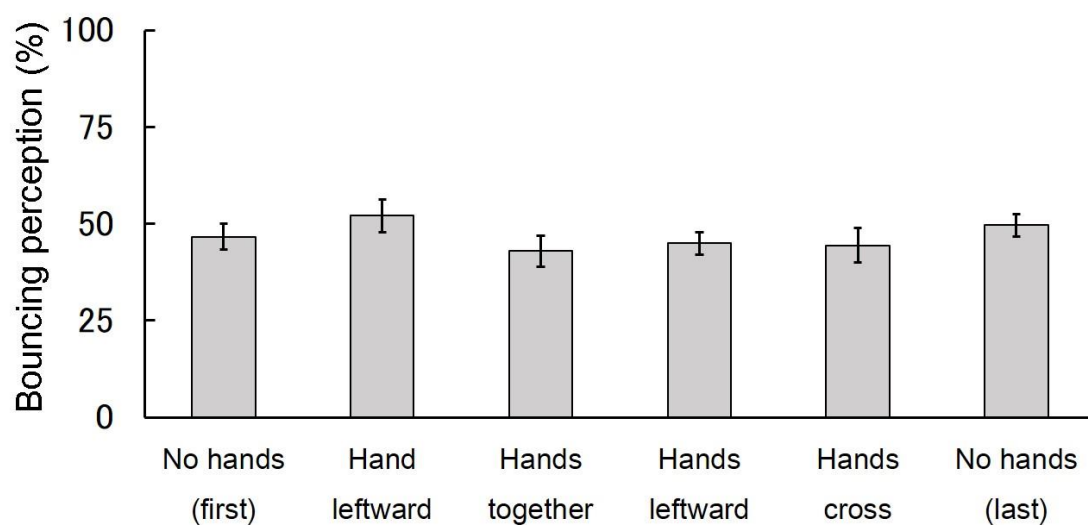


図 2.4 実験 2 における各条件の平均反発知覚回答率 (%)。エラーバーは標準誤差を示す。Saito and Gyoba (2016) より一部改変。

## 2.4 実験 3

実験 3 では、手の姿勢からの自己受容感覚情報や触覚情報は利用できるが、手に関する視覚情報は利用できないようにするために、実験 1 と同じようにモニターの前で合わせられた実験参加者の両手は黒い布で覆われた（図 2.5 中の Hands together under cloth 条件の写真を参照）。実験 3 では、実験参加者が両手を膝に置く条件と、布で覆われたまま両手を合わせた条件の反発知覚率が比べられた。したがって、実験 3 では、もし手に関わる自己受容感覚情報と触覚情報が HIB 効果を生起させるなら、実験参加者が手の視覚的なフィードバックなしに両手を合わせた条件時に両手を膝に置いた条件よりも高い頻度で反発知覚を報告すると予測した。

### 2.4.1 方法

**実験参加者** 大学生および大学院生 20 名（男性 11 名、女性 9 名、平均年齢 21.6 歳）がそれぞれ個別に実験 3 に参加した。全ての実験参加者は矯正を含めて正常な視力を有していた。

**刺激** 視覚運動刺激は実験 1 で使用されたものと同一であった（図 2.2 参照）。

**手続** 実験参加者の課題は実験 1 と同じであったが、実験条件は下記の通り実験 1 と異なった。実験 3 では、No hands 条件と Hands together under cloth 条件が用いられた。Hands together under cloth 条件では、実験参加者は実験 1 の Hands together 条件と同様に通過・反発刺激が交わる画面中央の真下で両手掌を合わせて、彼らの両手は黒い布で覆われた。No hands 条件と Hands together under cloth 条件は各実験参加者に無作為な順番で実施された。実験参加者は練習試行として No hands 条件を 10 回受けた後、本試行を全 100 回（50 試行×2 条件）受け

た。

#### 2.4.2 結果と考察

図 2.5 は 2 条件の平均反発知覚回答率を示す。No hands 条件および Hands together under cloth 条件に対する参加者内 1 要因 2 水準の分散分析を行った結果、主効果が認められた ( $F_{1,19} = 5.66, p = .02, \eta_p^2 = 0.23$ )。

No hands 条件と Hands together under cloth 条件との間の反発知覚率の差異は、両手を合わせた姿勢が反発知覚を優位に導くという実験 1 の結果を再現した。特に本実験では、実験参加者は自らの手の視覚的フィードバックを利用できなかったにもかかわらず、手に関する自己受容感覚情報や触覚情報が利用可能である条件において反発知覚が促進することを確認した。よって実験 2 と実験 3 の結果を踏まえると、両手掌を合わせた姿勢にかかわる自己受容感覚情報および触覚情報が HIB 効果の生起に主要な役割を果たしていると考えられる。

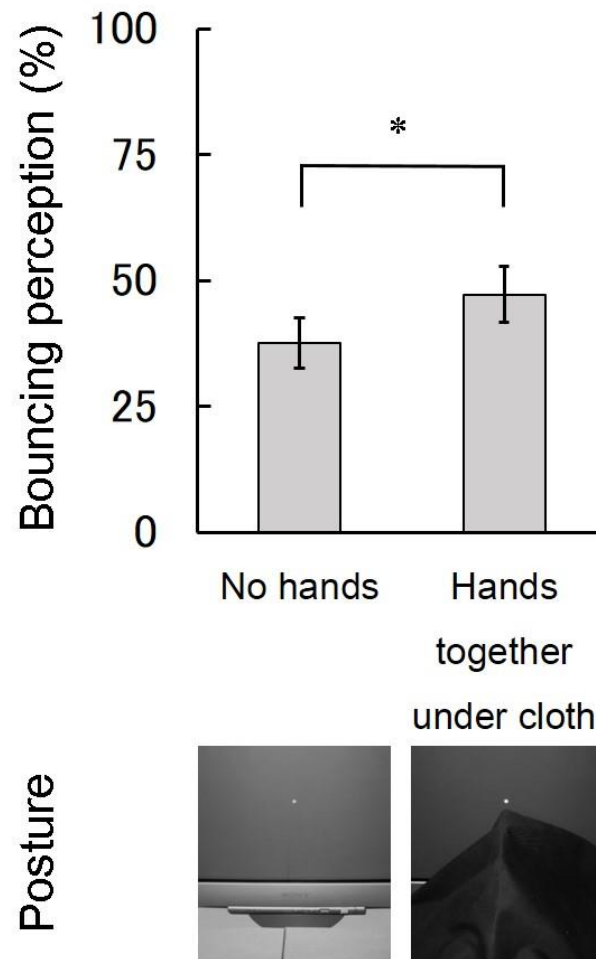


図 2.5 実験 3 における各条件の平均反発知覚回答率 (%) とモニター前に置かれた手の姿勢。エラーバーは標準誤差を示す。条件間のアスタリスクは有意差を示す ( $*p < .05$ )。Saito and Gyoba (2016) より一部改変。

## 2.5 第2章の総合考察

本章における一連の実験では、両手掌を合わせた姿勢が双安定性を有する通過・反発刺激を観察した時に反発知覚を導く（HIB 効果）新たな要因になり得ることを見出した。さらに実験 2 および実験 3 の結果は、その HIB 効果が主に観察者自身の手に関わる自己受容感覚情報や触覚情報に起因する可能性があることを示した。本章の総合考察では、この解釈に付帯すると考えられる反応バイアス、付加的な視覚物体、および視覚的注意の問題について議論する。

### 2.5.1 反応バイアス

第 1 には反応バイアスに関わる問題がある。両手掌を合わせた姿勢は反発知覚を増進させるトップダウン的な反応バイアスや課題要求を生み出す可能性がある。しかし、本章における実験結果の全てを単純に反応バイアスによる単一の要因で説明することは難しいと考えられる。一般的にトップダウンな情報処理に基づく反応バイアスはモダリティーに特異的な感覚情報処理段階を越えたより後期の意思決定に基づく情報処理段階で生じると考えられている。しかし、ラバーハンドを使用した実験 2 の結果は反発知覚が手に関する視覚情報だけでは促進されないことを示し、両手が布で覆われた実験 3 の結果は手からの自己受容感覚情報や触覚情報が利用できるが手に関する視覚的フィードバックが得られない時でさえ実験 1 の基本的な結果を再現した。このように、HIB 効果が感覚モダリティー特異性を有するために、反応バイアスはこの効果の重要な規定因ではないことが示唆される。

### 2.5.2 付加的な視覚物体

第 2 には通過・反発刺激近傍に付加的に呈示された視覚物体の影響について考慮する必要がある。たとえば、実験 3 の No hands 条件ではモニター前に Hands together under cloth 条件では手を覆った布が置かれていなかったために、両条件間では手の姿勢情報だけでなく視覚情報も異なっていた。ラバーハンドがモニター前に置かれた時の実験 2 における反発知覚率は、概して実験 3 における反発知覚率よりも高い傾向にあった。しかし、実験 1 では Hands leftward 条件と Hands cross 条件でも付加的な視覚物体として実験参加者の手が視覚刺激の重複点近傍にあったにもかかわらず、Hands together 条件 ( $M = 60\%$ ) が Hands leftward 条件 ( $M = 50\%$ ) と Hands cross 条件 ( $M = 48\%$ ) に比べてそれぞれ有意に高い反発知覚率を示したので、付加的な視覚物体の効果ではこの実験 1 の結果を統合的に説明できない。

### 2.5.3 注意の影響

最後に固視や眼球運動にかかわる問題について議論する。注意は運動知覚において重要な役割を果たすことが以前からよく知られている（たとえば、Cavanagh, 1992; Hikosaka, Miyauchi, & Shimojo, 1993a, 1993b; Verstraten, Cavanagh, & Labianca, 2000）。通過・反発知覚に関するいくつかの先行研究 (Burns & Zanker, 2000; Kawabe & Miura, 2006; Watanabe & Shimojo, 1998) は、観察者が通過・反発刺激の追跡を妨害する刺激を呈示すると、反発知覚が促進されることを報告した。Watanabe and Shimojo (1998) は、二重課題や注意捕捉課題を用いた内発的な注意あるいは外発的な注意を阻害する実験操作が反発の知覚頻度を増加させると同時に通過の知覚頻度を低減させることを示した。そのため注意は同一の運動方向に進行する物体の知覚維持（通過知覚）に貢献していると解釈されている。



加えて、視覚刺激近傍にある手の存在は空間的な注意の配分にバイアスをもたらすことも示されている (Abrams, Davoli, Du, Knapp, & Paull, 2008; Reed, Grubb, & Steele, 2006)。本章における実験状況では、モニター前に手を置く姿勢が刺激の重複点を固視あるいは注視するのを助けた可能性がある。しかし、注意に関する論拠だけでは実験 1 から実験 3 で得られた結果を全て説明することができない。特に実験 1 および実験 2 では視覚刺激の重複点近傍に手に関する類似した視覚情報 (実験参加者自身の手とラバーハンド) があってもかかわらず、両実験の間で異なる結果のパターンが得られた。さらに実験後、手の姿勢情報が視線を誘導した可能性を調べるために、3 名の実験参加者に視線計測装置 (Tobii TX300 eye-tracker) を用いて実験 1 の全 6 条件における視線を計測した。その結果、各条件における固視点を示したヒートマップには、モニター前に置かれた実験参加者の手の有無やその手の姿勢に依存した体系的な変化は見出されなかった (図 2.6 参照)。これらの結果を踏まえると、HIB 効果は両手掌を合わせた姿勢が 2 運動物体の重複点の固視あるいは注視を促したことによって誘発された現象ではないと推察される。

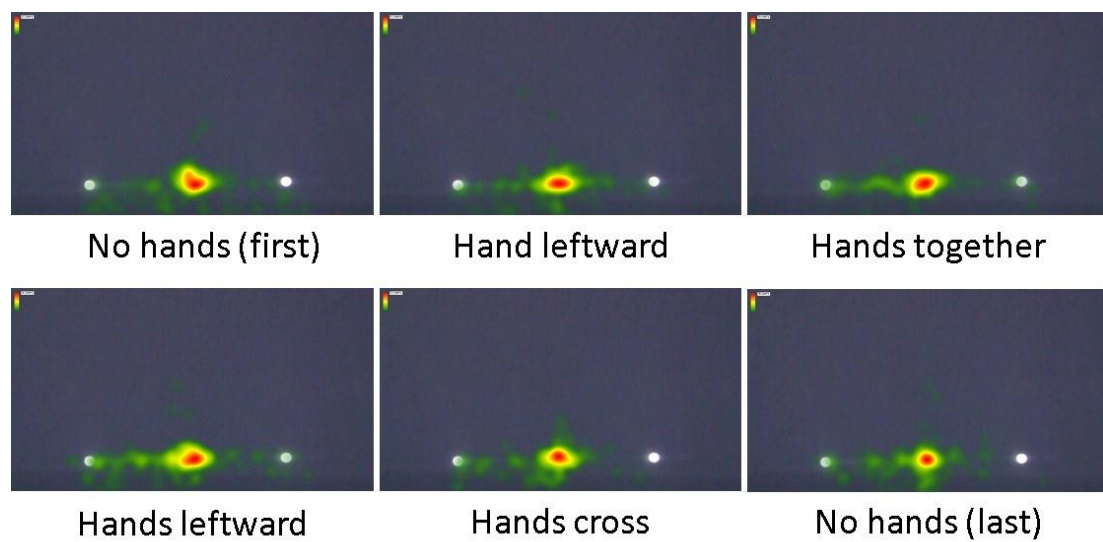


図 2.6 実験 1 における各条件の平均ヒートマップ。通過・反発刺激は、実験参加者の腕が視線計測を妨げるのを防ぐためにモニターの下部に呈示された。

### 第3章 事象知覚を変容させる手の触覚および力覚情報に関する検討

第2章の実験では、両手を合わせる姿勢情報が反発知覚を促進すること（HIB効果）を確認したが、そのHIB効果は手に関する視覚的フィードバックに依存せず、その姿勢を構成する複合的な身体感覚情報がHIB効果に関与する可能性が示された。つまり、その手の姿勢から生じる触覚の有無や手を押し合う力（力覚）の程度がHIB効果の生起にかかわる重要な要因かどうかについては検討の余地が残された。したがって、第3章の実験4および実験5では、その姿勢時に生じる触覚情報の有無と力覚情報の程度をそれぞれ実験的に操作して、その触覚情報と力覚情報がそれぞれ通過・反発知覚を変調させるかどうかを調べた。

#### 3.1 実験4

実験4では、両手掌の触覚情報がHIB効果の生起にかかわる要因であるかどうかを検討するために、両手掌が直接的に接触する条件と間接的に接触する条件、そして両手掌がまったく接触しない条件を設けた。

##### 3.1.1 方法

**実験参加者** 大学生および大学院生14名（男性6名、女性8名、平均年齢21歳）がそれぞれ個別に実験4に参加した。全ての実験参加者は矯正を含めて正常な視力を有していた。

**刺激** 視覚運動刺激は実験1で使用されたものと同じであった（図2.2参照）。

**手続** 実験参加者の課題は実験 1 と同じであったが、実験条件は下記の通り実験 1 と異なった。図 3.1 中の 5 枚の写真は実験 4 で用いられた No hands 条件、Direct touch 条件、Indirect touch 条件、No touch 条件、および Brick 条件を示す。実験 4 の No hands 条件と Direct touch 条件は、実験 1 の No hands 条件と Hands together 条件と同じ姿勢であった。Indirect touch 条件では、実験参加者は両手で板（横幅：3 cm × 奥行：10 cm × 高さ：20 cm，重量：44 g）を挟んだ。No touch 条件では、両手の間を 3 cm 空けた。Brick 条件では、板は通過・反発刺激を遮蔽しないようにモニター前の中央に設置され、実験参加者は両手を膝の上に置いた。全 5 条件は各実験参加者に無作為な順番で実施された。実験参加者は練習試行として No hands 条件を 10 回受けた後、本試行を全 100 回（20 試行×5 条件）受けた。

### 3.1.2 結果と考察

図 3.1 は 5 条件の平均反発知覚回答率を示す。これらの条件に対する参加者内 1 要因 5 水準の分散分析を行ったところ、主効果が認められた（ $F_{4, 52} = 3.53, p = .013, \eta_p^2 = 0.21$ ）。Ryan 法による多重比較の結果は、Direct touch 条件の反発知覚率が No hands 条件、Indirect touch 条件、No touch 条件、および Brick 条件の反発知覚率よりもそれぞれ有意に高いことを示した（ $t_{52} = 2.34, p = .023$ ;  $t_{52} = 2.34, p = .023$ ;  $t_{52} = 2.82, p = .007$ ;  $t_{52} = 3.54, p = .001$ ）。一方で、その他の条件間の反発知覚率には有意差はいずれも認められなかった（all  $p > .20$ ）。

実験 4 の結果、Direct touch 条件における反発知覚率のみが他の条件に比べて促進され、第 2 章の実験 1、実験 2、および実験 3 の基本的な結果を再現することを確認した。本実験では、手や腕に関する感覚情報は Direct touch 条件、Indirect touch 条件、および No touch 条件の間でほとんど同じだったために、両手掌の直

接接触が HIB 効果を引き起こすのに重要な要因になることを示した。さらに Brick 条件では、付加的な通過・反発刺激の近傍にある視覚物体（モニター前に置かれた板）がその知覚的判断にほとんど効果を持たないことを確認した。この付加的な視覚物体の効果に関する実験 4 の結果は、第 2 章の実験結果と一致すると考えられる。

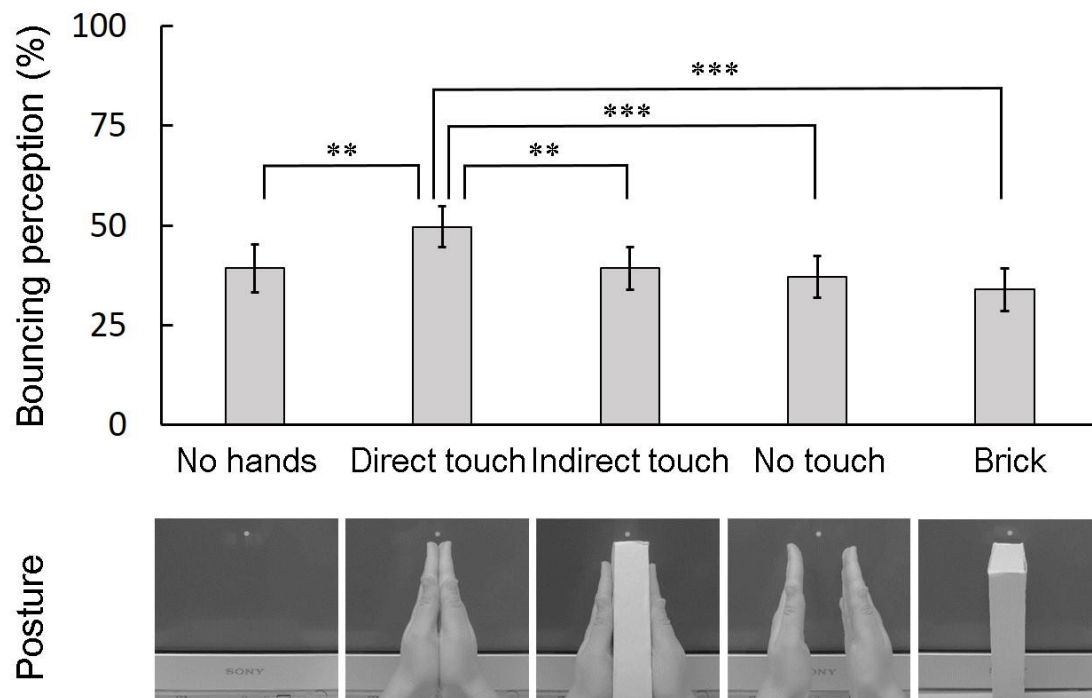


図 3.1 実験 4 における各条件の平均反発知覚回答率 (%) とモニター前に置かれた手の姿勢。エラーバーは標準誤差を示す。条件間のアスタリスクは有意差を示す (\*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$ )。Saito and Gyoba (in press) より一部改変。

## 3.2 実験 5

実験 5 では、両手掌を合わせた時に生じる力覚情報が通過・反発刺激の知覚判断を変調させるかどうかを確認するために計画された。この可能性を検証するために、実験参加者は通過・反発刺激を観察している間、実験 1 と同じようにたんに両手掌を合わせることと、両手掌を押し合ったままにすることが求められた。

### 3.2.1 方法

**実験参加者** 大学生および大学院生 14 名（男性 7 名，女性 7 名，平均年齢 21.6 歳）がそれぞれ個別に実験 5 に参加した。全ての実験参加者は矯正を含めて正常な視力を有していた。

**刺激** 視覚運動刺激は実験 1 で使用されたものと同一であった(図 2.2 参照)。

**手続** 実験参加者の課題は実験 1 と同じであったが、実験条件は下記の通り実験 1 と異なった。図 3.1 中の 3 枚の写真は実験 5 で用いられた No hands 条件，Weak force 条件，および Strong force 条件を示す。実験 5 の No hands 条件と Weak force 条件は、実験 1 の No hands 条件と Hands together 条件と同じ姿勢であった。Strong force 条件では、実験参加者はその条件での各試行の遂行中に両手掌を押し合ったままにするように教示を受けた。実験参加者は練習試行として No hands 条件を 10 回受けた後、本試行を全 60 回（20 試行×3 条件）受けた。

実験後、実験参加者 14 人のうち 7 人は Weak force 条件と Strong force 条件で両手掌上にかかる力を力覚センサー（Flexiforce，サンプリングレート：8 Hz）で一条件あたり 20 秒間計測された。計測の結果，Weak force 条件において手掌上に生じた力は 0 N（newton）から 2 N の範囲であり（本実験で使用した力センサ

一では 2 N 以下の力を計測できないため), Strong force 条件においては 3.1 N から 7.5 N の範囲であることが確認された。

### 3.2.2 結果と考察

図 3.2 は 3 条件の平均反発回答知覚率を示す。これらの条件に対する参加者内 1 要因 3 水準の分散分析を行ったところ, 主効果が認められた ( $F_{2, 26} = 6.62, p = .005, \eta_p^2 = 0.34$ )。Ryan 法による多重比較の結果は, Weak force 条件と Strong force 条件の反発知覚率は No hands 条件の知覚率よりそれぞれ有意に高いことを示した ( $t_{26} = 3.05, p = .005; t_{26} = 3.25, p = .003$ )。しかし, Weak force 条件と Strong force 条件の反発知覚率に有意差は認められなかった ( $t_{26} = 0.20, p = .84$ )。

実験 5 の結果, 実験参加者が両手掌を合わせた時の力の強さに関する有意な効果は認められなかったが, Weak force 条件と Strong force 条件はそれぞれ HIB 効果を引き起こすことを確認した。したがって, 実験参加者の手掌からの触覚情報がその力覚情報に比べて HIB 効果に重要な役割を果たすと考えられる。

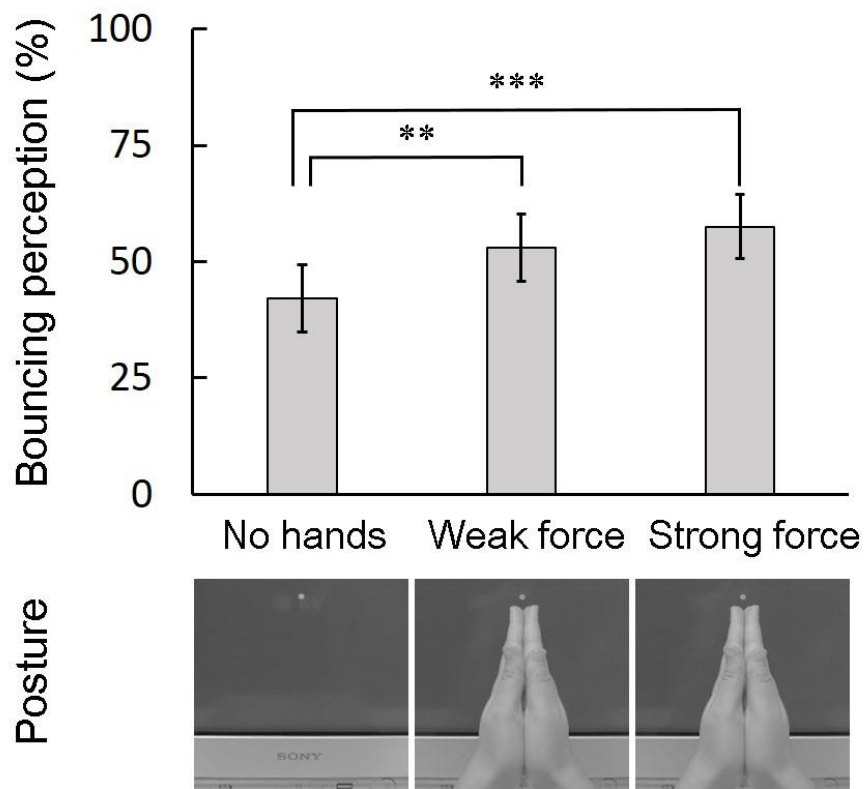


図 3.2 実験 5 における各条件の平均反発知覚回答率 (%) とモニター前に置かれた手の姿勢。エラーバーは標準誤差を示す。条件間のアスタリスクは有意差を示す (\*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$ )。Saito and Gyoba (in press) より一部改変。



### 3.3 第3章の総合考察

本章の実験4と実験5では、第2章の一連の実験で示されたHIB効果が両手掌を合わせた時の触覚情報あるいは力覚情報のどちらに依存して生じるかをより精緻に検討した。その結果、実験4では、手掌と手掌の直接的な接触を伴う状況は、板を挟んだ間接的な接触や接触をまったく伴わない状況に比べてより有意に高い反発知覚率の増進を示した。実験5では、両手掌を合わせた時の力覚情報の強度にかかわらずHIB効果が得られることを確認した。これら実験4および実験5の結果は、自己受容感覚情報および触覚情報、特に手掌間の直接的な接触が衝突に相当する事象知覚を促進することを示唆する。

第2章でも議論したように、いくつかの先行研究は2個の運動物体の重複時に呈示される一時的な感覚刺激が通過知覚の維持にかかわる注意を阻害するために、反発知覚が促進することを示唆した（Kawabe & Miura, 2006; Watanabe & Shimojo, 1998）。しかし、Grassi and Casco (2010) は、それぞれ類似した振幅の聴覚刺激を呈示した時でも、現実には生じる反発知覚に適合的な音（ビリヤードの音）の方が、反発知覚に適合的でない音（水滴や花火の音）よりも高い反発知覚率を引き起こすことを示している。さらにサブリミナルに聴覚刺激が呈示された時でも反発知覚の増進が生じることも報告されているように（Dufour, Touzalin, Moessinger, Brochard, & Després, 2008）、これらの先行研究の結果は、聴覚刺激による通過・反発知覚の変容が注意の機能だけでは十分に説明できないことを意味する。本章における実験4および実験5の結果は、先行研究（Dufour et al. 2008; Grassi & Casco, 2009, 2010）の傾向と一致して、両手掌間に生じる力覚情報のような感覚刺激入力の顕著性がHIB効果の主要因ではなく、両手掌を合わせる自己受容感覚情報や触覚情報に基づいた文脈情報がHIB効果を生起させることを

示唆する。

## 第4章 事象知覚を変容させる手の空間的位置に関する検討

本章の実験 6 および実験 7 では、多感覚的な事象知覚における空間的一致性の問題を取り上げ、手の空間的な位置が HIB 効果を調整するかどうかを確認した。第 2 章でも述べたように、複数の先行研究は曖昧性をもつ視覚刺激の近傍に同期して呈示された視覚刺激が安定的な知覚の解釈に役立つことを指摘している (Choi & Scholl, 2004; Kawachi & Gyoba, 2006; Ramachandran & Anstis, 1983a, 1985; Scholl & Nakayama, 2002)。このような刺激間の空間的な一致は、単一の感覚刺激による事象知覚だけでなく多感覚的な事象知覚の成立にも重要な役割を果たすことが知られている。たとえば、マガーク効果や腹話術効果が生起するためには、視聴覚刺激がある程度空間的に一致しなければならない (Bermant & Welch, 1976; Jack & Thurlow, 1973; Jones & Munhall, 1997)。聴覚刺激による反発知覚の誘導効果の場合でも同じように視聴覚情報が同一方向の空間から入力された時に生起することが報告されている (Watanabe, 2001)。そこで実験 6 および実験 7 では、HIB 効果が視聴覚間の相互作用による反発知覚の誘導効果と同様に空間的な制約を有して生起するかどうかを検討した。

### 4.1 実験 6

実験 6 では、手と視覚刺激との空間的な配置が HIB 効果の生起に及ぼす影響を調べた。具体的には、合わせた両手がモニター上に呈示された通過・反発刺激より下に位置する時 (図 4.1 中の Far hands together 条件の写真を参照) に HIB 効果が生起するかどうかを検討した。

#### 4.1.1 方法

**実験参加者** 大学生および大学院生 7 名（男性 2 名，女性 5 名）がそれぞれ個別に実験 6 に参加した。全ての実験参加者は矯正を含めて正常な視力を有していた。

**刺激** 視覚運動刺激は実験 1 で使用されたものと同一であった（図 2.2 参照）。

**手続** 実験参加者の課題は実験 1 と同じであったが，実験条件は実験 1 と異なった。図 4.1 中の 3 枚の写真は，実験 6 で用いられた No hands 条件，Hands together 条件，および Far hands together 条件を示す。実験 6 の No hands 条件および Hands together 条件では，実験参加者は実験 1 の同条件とそれぞれ同じ姿勢をとった。Far hands together 条件では，合わせた両手を通過・反発刺激の重複点真下の机上に置いた。視覚刺激の重複点と机上に置かれた両手との間の距離は視角でおよそ 21 度離れていた。実験参加者は練習試行として No hands 条件を 10 回受けた後，本試行を全 150 回（50 試行×3 条件）受けた。

#### 4.1.2 結果と考察

図 4.1 は 3 条件の平均反発知覚率を示す。これらの条件に対する参加者内 1 要因 3 水準の分散分析の結果は，主効果が有意であることを示した（ $F_{2,12}=7.30, p=.008, \eta_p^2=0.55$ ）。Ryan 法による多重比較を用いたところ，Hands together 条件の反発知覚率は No hands 条件と Far hands together 条件に比べて有意に高かった（ $t_{12}=3.69, p=.003$ ;  $t_{12}=2.71, p=.02$ ）。No hands 条件と Far hands together 条件との間に反発知覚率に有意差は認められなかった（ $t_{12}=0.97, p=.35$ ）。

実験 6 の結果から，実験参加者自身の手が通過・反発刺激の交わる点に空間的に近接した条件では HIB 効果が生起するが，実験参加者の手と視覚刺激の重複点が空間的に不一致である条件では HIB 効果が生じないことを確認した。こ

の結果は、**HIB** 効果が視覚刺激と手との相互作用が可能な限られた空間内で生起する可能性を示す。このように第 2 章の結果および実験 6 の結果を総合すると、**HIB** 効果は感覚モダリティー特異性と空間選択性を有するために、反応バイアス単一の要因によって生じた現象ではないと考えられる。

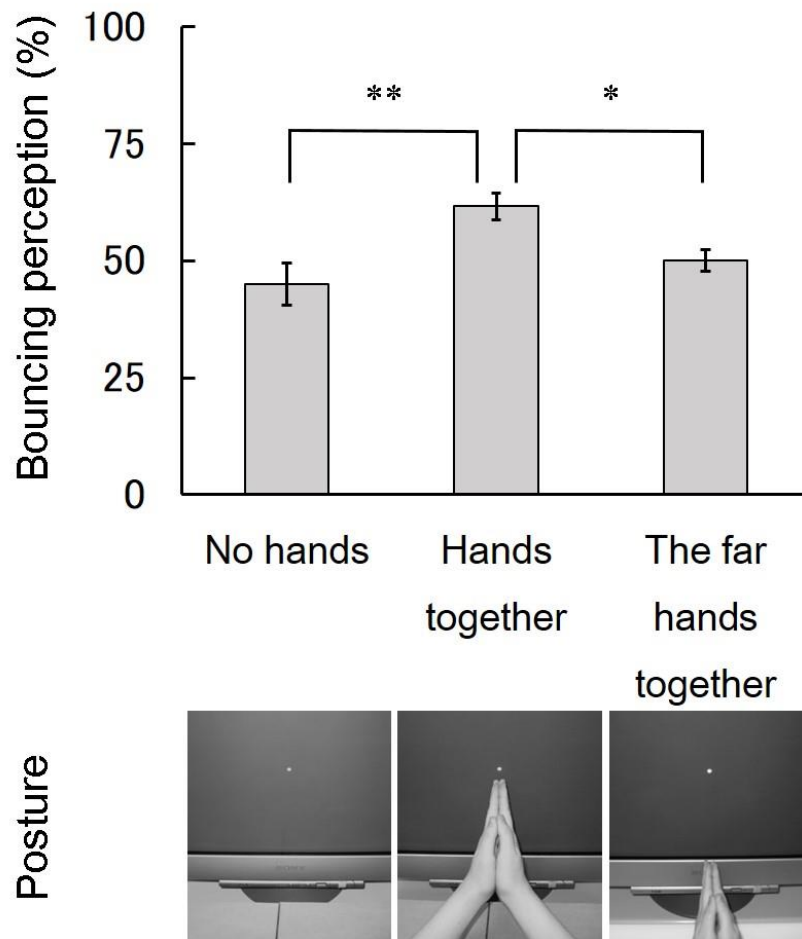


図 4.1 実験 6 における各条件の平均反発知覚回答率 (%) とモニター前に置かれた手の姿勢。エラーバーは標準誤差を示す。条件間のアスタリスクは有意差を示す ( $*p < .05$ ,  $**p < .01$ )。Saito and Gyoba (2016) より一部改変。

## 4.2 実験 7

実験 6 では、手と視覚刺激との空間的な配置を上下方向に操作したが、実験 7 では、合わせた両手の位置を変えずに、手と視覚刺激との空間的な配置を奥行方向に操作した。HIP 効果が空間選択性をもつのであれば、実験 6 と同様に、手と通過・反発刺激とが空間的に近接した条件でのみ HIB 効果が生起すると予測される。

### 4.2.1 方法

**実験参加者** 大学生および大学院生 5 名（男性 3 名、女性 2 名）がそれぞれ個別に実験 7 に参加した。全ての実験参加者は矯正を含めて正常な視力を有していた。

**刺激** 視覚運動刺激は実験 1 で使用されたものと同一であった(図 2.2 参照)。

**手続** 実験参加者の課題は実験 1 と同じであったが、実験条件は実験 1 と異なった。図 4.2 中の各写真は実験 7 で用いられた Near no hands 条件, Far no hands 条件, Near hands together 条件, および Far hands together 条件を示す。実験 7 の Near no hands 条件と Near hands together 条件は、それぞれ実験 1 の No hands 条件と Hands together 条件と同じ姿勢であった。Far no hands 条件では、実験参加者は視距離 80 cm の位置から両手を膝の上に置いた。Far hands together 条件では、視距離 80 cm の位置から両手掌を合わせ、両手からモニターまで距離は 40 cm であった。各実験参加者は練習試行として No hands 条件を 10 回受けた後、本試行を全 80 回（20 試行×4 条件）受けた。

#### 4.3.2 結果と考察

図 4.2 は 4 条件の平均反発知覚率を示す。これらの条件に対する 2 (手の姿勢: No hands vs. Hands together)  $\times$  2 (モニターからの距離: Near vs. Far) の参加者内 2 要因分散分析を行った。その結果, 手の姿勢の主効果 ( $F_{1,4} = 15.4, p < .05$ ) とモニターからの距離の主効果 ( $F_{1,4} = 8.2, p < .05$ ) および交互作用 ( $F_{1,4} = 7.0, p < .05$ ) がそれぞれ認められた。交互作用が有意であったため単純主効果検定を行ったところ, Near hands together 条件と Far hands together 条件の間と, Near no hands 条件と Near hands together 条件の間でそれぞれ有意差が認められた ( $p < .05$ )。

実験 7 の結果から, 合わせた両手と通過・反発刺激が空間的に一致して近接した条件 (Near hands together 条件) では HIB 効果が生起するが, 合わせた両手と通過・反発刺激の空間的な方向は一致するが 80 cm 離れた条件 (Far hands together 条件) では HIP 効果は生じないことを確認した。この結果は, 実験 6 と同じように HIP 効果が空間選択性をもつことを示す。



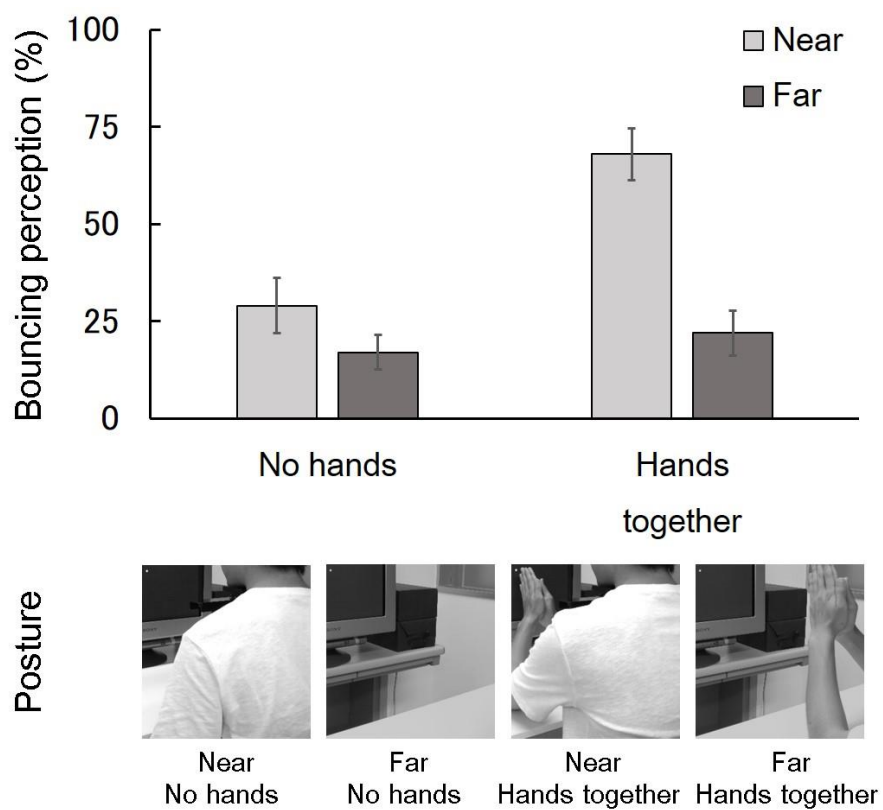


図 4.2 実験 7 における各条件の平均反発知覚回答率 (%) とモニター前に置かれた手の姿勢。エラーバーは標準誤差を示す。齋藤 and 行場 (2017) より一部改変。

### 4.3 第4章の総合考察

本章の実験6および実験7では、感覚情報間の空間的な一致性がHIB効果の規定因となるか否かを検討した。先行研究は(Watanabe, 2001)、視聴覚刺激の空間的な一致が聴覚刺激による反発知覚の誘導効果を生じさせる重要な要因であることを示している。その結果と同様に、実験6および実験7では、手と通過・反発刺激の相互作用を可能とする限られた空間内でのみHIB効果が生起することを確認した。第2章、第3章および本章の実験結果を踏まえると、HIB効果は単純な反応バイアスのような意思決定段階で生じるのではなく、多感覚情報処理段階で起きている現象だと考えられる。この点に関しては第5章でより詳しく議論する。

さらに、本章における実験の結果は、HIB効果が空間的な一致に制約されて生起するだけでなく身体近傍の空間を中心に生じる可能性を示した。この自己の身体と視覚対象とが直接的な相互作用を可能とする身体近傍の空間認識は、視覚刺激と触覚刺激の両方に反応する多感覚ニューロンのある前運動野や頭頂野の活動に起因することがマカクザルを対象とした電気生理学的研究から示されている(Graziano, Hu, & Gross, 1997; Graziano, Yap, & Gross, 1994; Rizzolatti, Scandolara, Matelli, & Gentilucci, 1981)。ヒトを対象とした脳機能研究でも、手周辺の空間に対して選択的に反応する脳領域があり、その神経基盤が明らかにされつつある(Brozzoli, Gentile, Petkova, & Ehrsson, 2011; Makin, Holmes, & Zohary, 2007)。特に多感覚ニューロンは身体部位だけでなくその部位に近接する空間に呈示された視覚刺激にも反応する(たとえば, Rizzolatti, Fadiga, Fogassi, & Gallese, 1997)。自然界において身体近傍にある視覚物体は、遠隔の運動物体よりも身体と接触したり衝突したりする可能性が確率的に高い。したがって、HIB効果は両

手掌を合わせた姿勢による自己受容感覚情報や触覚情報の文脈に依存して生起するが、身体近傍の空間認識とも関連する可能性があると考えられる。

## 第5章 総合考察

最終章では本論文で得られた知見をまとめる。第1章では視覚事象知覚を検討する手段のひとつである双安定的な通過・反発知覚事態を取り上げ、その知覚にかかわる問題を整理した。第2章では観察者が両手を合わせた時に生じる自己受容感覚情報が通過・反発知覚事態において通過事象と反発事象のうち、反発事象の知覚を導く要因になることを明らかに示した。第3章ではその HIB 効果にかかわる手の触覚情報の有無および力覚情報の程度を操作して、各情報が通過・反発知覚に及ぼす影響について検討した。第4章では HIB 効果における空間的な制約性に焦点を当てて議論を行った。最後に本章では、過去に実施されてきた通過・反発知覚に関する心理物理学および脳神経科学的な研究知見に基づき、HIB 効果の生起機序について議論する。

### 5.1 通過・反発知覚の機序と HIB 効果

これまでの研究では、通過・反発刺激の観察時における通過知覚の優位やその変容を支える機序を、方向バイアス、注意、および多感覚相互作用などの要因によって説明している。まず本節では、先行の通過・反発知覚に関する心理物理学的な実験結果をまとめ、それら先行研究の成果を本論文の実験結果と照らし合わせながら HIB 効果の生起機序について包括的な議論を行う。

#### 5.1.1 方向バイアス

Bertenthal et al. (1993) は、運動知覚に関する研究（たとえば、Chang & Julesz,

1984; Snowden & Braddick, 1989a, 1989b) に基づき、通過・反発刺激の観察時における通過知覚の優位性を運動検出器による方向バイアスの観点から説明した。彼らは、初期視覚における運動検出器が同一の直線軌道上を運動する物体に反応すると、ネットワーク内の相互作用の促進により、滑らかで連続的な運動の知覚に対するバイアスを強めるために、通過知覚が優勢になることを提案している。Sekuler and Sekuler (1999) はこの運動信号による方向バイアスの妥当性を検討するために、通過・反発刺激の重複点でその運動物体が短い時間消失する、休止する、もしくは遮蔽される 3 種類の異なる条件を用いて、運動検出器による方向バイアスを無効にする実験操作を行った。方向バイアスが通過と反発の知覚を決定する主要因であるなら、視覚刺激の消失、休止、および遮蔽の全条件ではそれぞれ通過知覚が減衰し、相対的に反発知覚が増大することが予測された。しかし、実験の結果、休止条件では反発知覚が優勢となったが、逆に遮蔽条件では通過知覚が優勢となった。さらに消失条件では、反発知覚の増進が確認されたが、その傾向は休止条件に比べると低いことがわかった。これらの結果は、通過・反発知覚が方向バイアスに依存しないことを示唆する。ごく最近の研究 (Zeljko & Grove, 2017a) でも低次の運動信号が通過・反発知覚を駆動しないという Sekuler and Sekuler (1999) の仮説を支持する結果が報告されている。

この方向バイアスに関する先行研究の結果を考慮すると、HIB 効果の生起は、運動検出器のネットワークのような比較的 low-level な視覚の運動情報処理のみに由来するものではなく、それより後期に行われる多感覚情報処理によるものと想定できる。特に本論文における実験では、実験参加者は通過・反発刺激が呈示されたモニターの前で両手掌を合わせる姿勢をとった。この姿勢は、モニター上に呈示された運動物体を移動させる、あるいは遮蔽するといった方向バイアスの変容を促す実験操作を加えなかったにもかかわらず、反発事象知覚の増進に寄

与することが確認された。すなわち、本論文の実験結果は、HIB 効果の生起が方向バイアスのみでは説明できないことを意味する。

### 5.1.2 注意の機能

次に通過・反発知覚における注意の役割について検討する。通過・反発刺激の重複点に時空間的に同期した視覚的な閃光を呈示すると、その知覚が通過知覚優位から反発知覚優位へと切り替わることが報告されている（たとえば, Kawabe & Miura 2006; Watanabe & Shimojo, 1998）。注意の機能は運動物体を同一方向に動いていると知覚する視覚系の傾向を支えているために、運動物体から注意をそらす一時的な視覚刺激や聴覚刺激の入力が通過知覚を低減させ、その結果、反発知覚を促進させると考えられている。

このように、注意の機能は通過・反発知覚の成立に関与しており、本論文で報告した HIB 効果の生起にも関連する可能性はある。しかし、第 2 章および第 3 章の総合考察でも議論したように、手に関する視覚情報の有無や力覚情報の程度にかかわらず、観察者自身が手を合わせた姿勢の自己受容感覚情報と触覚情報のみが HIB 効果の生起に重要な役割を果たすことが明らかにされた。したがって、注意は HIB 効果の生起を説明するための決定的な要因ではないと推察される。

### 5.1.3 多感覚相互作用

第 3 に HIB 効果の多感覚情報処理にかかわる側面について議論を行う。第 1 章で紹介したように、Sekuler et al. (1997) は瞬間的な聴覚刺激の呈示による反発知覚の誘導効果を報告した。Grassi and Casco (2009) は多感覚相互作用に基づく通過・反発知覚の機序をさらに詳しく検討するために、時間経過にしたがって振

幅の増加する音（上昇音）とその音を時間的に逆転させた音（下降音）を通過・反発刺激とともに呈示した。上昇音と下降音は、それぞれ同一の持続時間、平均音圧、および音圧変化であるにもかかわらず、2個の物体が重なり合う時に下降音が呈示された条件では反発事象の知覚が優勢となることが明らかにされた。さらに上昇音と下降音のオンセットが同じ音圧に揃えられた時でさえ、下降音条件の反発知覚率は上昇条件と比べて増進することが確認された。一般的に上昇音は下降音と比べて知覚的な顕著性が高いことがよく知られている（DiGiovanni & Schlauch, 2007; Grassi & Darwin, 2006; Neuhoff, 1998, 2001; Schlauch, Ries, & DiGiovanni, 2001; Stecker & Hafter, 2000）。注意が通過知覚を維持する傾向に寄与することを示した先行研究に基づけば（Kawabe & Miura, 2006; Watanabe & Shimojo, 1998）、上昇音の方が通過知覚を維持するための注意資源を減少させるので、結果的に反発知覚を優位に導くはずである。しかし、実験の結果、現実世界で生じる衝突に類似した特徴をもつ音（下降音）が類似しない音（上昇音）よりも反発知覚を優位にもたらしめた。さらに Grassi and Casco (2010) は、現実場面で生じる衝突音のような反発知覚に適合的な音が、反発知覚に適合的でない音に比べて高い反発知覚率を引き起こすことも示している。これらの実験結果を踏まえて、Grassi and Casco (2009, 2010) は、注意のみでは通過・反発知覚の変容を十分に説明できないことを論じた。彼らは、その知覚変容が両感覚モダリティーの信号から最も一貫性のある知覚を生み出す多感覚相互作用の観点から説明できることを示唆した。つまり、感覚刺激間の一致性が通過・反発知覚で重要な役割を果たしているといえる。

こうした多感覚刺激の一致性の観点に立脚すると、両手掌を合わせる姿勢が反発知覚との刺激一致性をもつ可能性がある。しかし、聴覚刺激呈示による反発知覚の誘導効果（たとえば、Kawachi & Gyoba, 2006; Grassi & Casco, 2009; Remijn

et al., 2004; Watanabe & Shimojo, 2001b) は、多くの場合、HIB 効果による反発知覚率よりも高い値を示している。そのため上記で示唆した HIB 効果の刺激一致性は間接的であり、視聴覚的な一致性よりも弱い可能性がある。

ここまで明らかにされてきた通過・反発知覚に関する知見を総合すると、本論文で報告した HIB 効果は、初期の単一感覚情報処理に基づくものではなく体性感覚系と視覚系の多感覚情報処理によるものと考えられる。特に HIB 効果が両手掌を合わせた姿勢と反発事象知覚との間に刺激一致性を有するのであれば、この効果が意味処理を含む多感覚情報処理のより後期の段階で生じている可能性がある。

上述のように、曖昧性をもつ通過・反発知覚事態から安定的な知覚を導くためには様々な情報処理過程が関与することが示唆されるが、多くの場合、膨大な感覚情報の中から一致性をもつ情報を抽出することによって単一的な事象が知覚されると考えられている（たとえば, Ernst & Banks, 2002; Ernst & Bühlhoff, 2004）。この刺激の文脈的な適切性を基礎とする見方は、多感覚的に有意味な刺激同士の特徴が結合されるとする統一的仮定の原理（unity assumption; De Gelder & Bertelson, 2003; Vatakis & Spence, 2007; Welch & Warren, 1980）とも合致する。特に本研究の実験 4 および実験 5 では、HIB 効果が両手掌の自己受容感覚情報と触覚情報の入力に基づくが、押し合う力の強度にほとんど依存しないことを確認した。両実験の結果は、聴覚刺激の顕著性だけでは反発知覚の促進を説明できないとした先行研究（Grassi & Casco, 2009）の結果と同じ傾向を示す。したがって、両手掌を合わせた姿勢情報は双安定な通過・反発知覚事態を反発知覚方向に導き出す促進的な手掛かりになることを示唆する。



## 5.2 通過・反発知覚の脳内基盤

通過・反発知覚を対象とした脳機能研究では、聴覚刺激による反発知覚の誘導効果が多感覚ネットワークの活動に基づくことを明らかにしている (Bushara et al., 2003; Maniglia, Grassi, Casco, & Campana, 2012)。多感覚相互作用の全般にかかわる脳機能研究は、皮質下構造では上丘 (Meredith & Stein, 1983, 1986) や大脳基底核 (Nagy, Eördégh, Paróczy, Márkus, & Benedek, 2006) が視覚、聴覚、および体性感覚の多感覚入力を受けることを示している。皮質では、前頭前野、上側頭溝、下頭頂小葉など多くの部位が多感覚情報の処理に関与する (Driver & Noesselt, 2008; Koelewijn, Bronkhorst, & Theeuwes, 2010; Macaluso & Driver, 2005)。

機能的磁気共鳴画像法を用いた Bushara et al. (2003) の研究は、視覚刺激と聴覚刺激の呈示によって反発事象が知覚された試行では多感覚領野（たとえば、前頭前野、背外側前頭前野、上丘、および左後頭頂野）の賦活が高まるが、同じ視聴覚刺激の呈示にもかかわらず通過事象が知覚された試行では単一感覚領野（視覚野や聴覚野）の賦活が高まることを見出した。さらに興味深いことに、彼らは、この賦活パターンが他の研究 (Alho, Woods, & Algazi, 1994; Macaluso, Frith, & Driver, 2000) で示された注意に基づくトップダウン的変調とも異なることも報告した。これらの実験結果から、Bushara et al. (2003) は多感覚領野と単一感覚領野のネットワーク間の競合的な相互作用が通過・反発知覚を生起させる基礎になると解釈した。Maniglia et al. (2012) は、経頭蓋磁気刺激法による右後頭頂野の活動の妨害が、聴覚刺激による反発知覚の誘導効果を弱めるが、視覚刺激のみによる通過知覚の優位性には影響しないことを示した。この結果によれば、右後頭頂野が多感覚的な衝突事象の知覚において大きな役割を果たしていると考えられる。Bushara et al. (2003) や Maniglia et al. (2012) は通過・反発知覚の多感

覚ネットワークを検討したが、脳磁図による研究 (Zvyagintsev, Nikolaev, Sachs, & Mathiak, 2011) では通過・反発の知覚が注意と多感覚情報処理の相互作用の結果だと指摘した報告もある。しかし、通過・反発刺激を用いた Bushara et al. (2003), Maniglia et al. (2012), および Zvyagintsev et al. (2011) のいずれの研究でも、左右半球差は認められるものの後頭頂野が視聴覚的な反発事象知覚に関与することは興味深い。代表的な脳内の情報処理経路には、視覚野から頭頂連合野に至り対象の位置や運動情報の処理に関与する背側経路と、側頭連合野に至り対象の形態や色情報の処理にかかわる腹側経路がある (Goodale & Milner, 1992; Milner & Goodale, 2006; Mishkin, Ungerleider, & Macko, 1983)。物体の有する表面特徴情報が操作されなければ (Caplovitz, Shapiro, & Stroud, 2011; Kawachi, Kawabe, & Gyoba, 2011), 通過・反発刺激における通過事象と反発事象の知覚は、双安定的な状況下で 2 個の運動物体がどこに移動したかを注目して見ているために、その意味では背側経路を中心とした情報処理と捉えられる可能性もある。

### 5.3 HIB 効果の生起に想定される機序

最後に通過・反発知覚に関する研究結果や議論に基づき、本節では HIB 効果の生起に想定される機序について考察する。近年、多感覚相互作用は多くの処理段階で生じることが指摘されているが (Koelewijn et al., 2010; Talsma, Senkowski, Soto-Faraco, & Woldorff, 2010), 本研究の実験状況において主に視覚情報と体性感覚情報の入力を受けて生起する HIB 効果は、上記でも議論したように初期視覚における方向バイアスのみの結果ではないと考えられる。前節で挙げた研究例 (Bushara et al., 2003; Maniglia et al., 2012; Zvyagintsev et al., 2011) を踏まえる

と、HIB 効果は後頭頂野を中心とするネットワークでの情報処理に依存するものと考えることができる。

第 4 章の実験 6 および実験 7 では、合わせた両手掌が通過・反発刺激の近傍に位置した時のみに HIB 効果が生起することを確認した。この結果は、HIB 効果が手の座標系に関連した空間選択性をもつことを示唆する。手の座標系の情報処理には特に頭頂間溝や後頭頂野がかかわることが示されており (Brozzoli et al., 2011; Makin et al., 2007), それらの領野の活動が多感覚的に反発事象を知覚させるための要因としてはたらく可能性がある。

今後、HIB 効果の根底にあると仮定されるメカニズムを解明するためには、主として Bushara et al. (2003) の研究手法を踏まえて、HIB 効果も単一感覚領野（体性感覚野や視覚野）よりも多感覚領野（主に後頭頂野）の活動に由来するかどうか、さらにはその情報処理過程が一方向か双方向なものであるかどうかを将来の研究でより詳しく検証することは重要となる。そうした取り組みは、多感覚相互作用のモデル（たとえば, Ursino, Cuppini, & Magosso, 2014）を議論するのにも役立つ可能性がある。さらに、反応時間 (Sanabria, Correa, Lupiáñez, & Spence, 2004; Sanabria, Lupiáñez, & Spence, 2007) や信号検出理論 (Grassi & Casco, 2012; Grove, Ashton, Kawachi, & Sakurai, 2012; Witt, Taylor, Sugovic, & Wixted, 2015; Zeljko & Grove, 2017b) を指標に用いた先行研究の手法を援用すれば、HIB 効果における注意の役割をより明確に理解することができると考えられる。

このように複数の課題が残されているものの、本論文で得られた知見は、体性感覚系が視覚事象知覚の安定性に寄与するという点で、この分野における研究を自己身体との相互作用を考慮した観点から理解する方向に前進させる意義を有する。

## 5.4 結論

通過・反発刺激を用いた複数の先行研究(Kawachi & Gyoba, 2006; Grassi & Casco, 2009, 2010, 2012; Sekuler et al., 1997; Watanabe & Shimojo, 2001b) は、生体が感覚間（視覚刺激と聴覚刺激）あるいは感覚内（視覚刺激と視覚刺激，あるいは聴覚刺激と聴覚刺激）の刺激入力に基づいた物理的および文脈的特徴情報を抽出することによって安定的な視覚事象知覚をもたらすことを示唆している。これに対して、本論文の一連の実験は、自己受容感覚情報や触覚情報を含む体性感覚系が双安定的な視覚事象知覚の解釈を規定する新たな要因になり得ることを見出した。本論文における種々の心理物理実験の結果は、両手掌を合わせた自己身体姿勢に基づく自己受容感覚情報および触覚情報の物理特性と文脈性が身体に近接した空間範囲の視覚的な衝突事象の知覚を誘導する手掛かりになり得るが、手に関する視覚情報や手に生じる力覚情報の強度には依存しないことを明らかにした。最後に、両手掌を合わせた姿勢による反発知覚の誘導効果が後頭頂野を中心とするネットワークでの多感覚的な情報処理過程に基づく可能性を示した。

## 謝 辞

本論文の執筆にあたり多くの方から力添えを頂いた。とりわけ指導教員である行場次朗先生には、進学時から今日に至るまで心ある指導を頂いた。

東北大学心理学研究室内の阿部恒之先生、坂井信之先生、辻本昌弘先生、退職された大淵憲一先生には、演習などを通じて貴重な意見や示唆を頂いた。

名古屋大学の大岡昌博先生には、力覚センサーの使用方法について助言を頂いた。

日本大学の巖島行雄先生、名古屋大学の齋藤洋典先生、元日本大学の山田寛先生には、学部学生の時分から数多くの場面で支援して頂いた。

研究を支えて下さった方々に深謝の意を表す。

本研究の一部は、日本学術振興会の特別研究員奨励費（17J06218）の助成を受けた。

## 引用文献

- Abrams, R. A., Davoli, C. C., Du, F., Knapp, W. H., & Paull, D. (2008). Altered vision near the hands. *Cognition*, *107*, 1035–1047.
- Alais, D., & Burr, D. (2004). The ventriloquist effect results from near-optimal bimodal integration. *Current biology*, *14*, 257–262.
- Alho, K., Woods, D. L., & Algazi, A. (1994). Processing of auditory stimuli during auditory and visual attention as revealed by event-related potentials. *Psychophysiology*, *31*, 469–479.
- Bermant, R. I., & Welch, R. B. (1976). Effect of degree of separation of visual-auditory stimulus and eye position upon spatial interaction of vision and audition. *Perceptual and Motor Skills*, *43*, 487–493.
- Berger, C. C., & Ehrsson, H. H. (2013). Mental imagery changes multisensory perception. *Current Biology*, *23*, 1367–1372.
- Berger, C. C., & Ehrsson, H. H. (2017). The content of imagined sounds changes visual motion perception in the cross-bounce illusion. *Scientific Reports*, *7*, 40123.
- Bertelson, P., & Radeau, M. (1981). Cross-modal bias and perceptual fusion with auditory-visual spatial discordance. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *29*, 578–584.
- Bertenthal, B. I., Banton, T., & Bradbury, A. (1993). Directional bias in the perception of translating patterns. *Perception*, *22*, 193–207.
- Brozzoli, C., Gentile, G., Petkova, V. I., & Ehrsson, H. H. (2011). FMRI adaptation reveals a cortical mechanism for the coding of space near the hand. *Journal of Neuroscience*, *31*, 9023–9031.

- Burns, N. R., & Zanker, J. M. (2000). Streaming and bouncing: Observations on motion defined objects. *Clinical & Experimental Ophthalmology*, 28, 220–222.
- Bushara, K. O., Hanakawa, T., Immisch, I., Toma, K., Kansaku, K., & Hallett, M. (2003). Neural correlates of cross-modal binding. *Nature Neuroscience*, 6, 190–195.
- Caplovitz, G. P., Shapiro, A. G., & Stroud, S. (2011). The maintenance and disambiguation of object representations depend upon feature contrast within and between objects. *Journal of Vision*, 11, 1–14.
- Cavanagh, P. (1992). Attention-based motion perception. *Science*, 257, 1563–1565.
- Chang, J. J., & Julesz, B. (1984). Cooperative phenomena in apparent movement perception of random-dot cinematograms. *Vision Research*, 24, 1781–1788.
- Choi, H., & Scholl, B. J. (2004). Effects of grouping and attention on the perception of causality. *Perception & Psychophysics*, 66, 926–942.
- Cutting, J. E. (1981). Six tenets for event perception. *Cognition*, 10, 71–78.
- De Gelder, B., & Bertelson, P. (2003). Multisensory integration, perception and ecological validity. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 460–467.
- DiGiovanni, J. J., & Schlauch, R. S. (2007). Mechanisms responsible for differences in perceived duration for rising-intensity and falling-intensity sounds. *Ecological Psychology*, 19, 239–264.
- Driver, J., & Noesselt, T. (2008). Multisensory interplay reveals crossmodal influences on ‘sensory-specific’ brain regions, neural responses, and judgments. *Neuron*, 57, 11–23.
- Dufour, A., Touzalin, P., Moessinger, M., Brochard, R., & Després, O. (2008). Visual motion disambiguation by a subliminal sound. *Consciousness and Cognition*, 17, 790–797.

- Ernst, M. O., & Banks, M. S. (2002). Humans integrate visual and haptic information in a statistically optimal fashion. *Nature*, *415*, 429–433.
- Ernst, M. O., & Bühlhoff, H. H. (2004). Merging the senses into a robust percept. *Trends in Cognitive Sciences*, *8*, 162–169.
- Feldman, J., & Tremoulet, P. D. (2006). Individuation of visual objects over time. *Cognition*, *99*, 131–165.
- Fujisaki, W., Shimojo, S., Kashino, M., & Nishida, S. Y. (2004). Recalibration of audiovisual simultaneity. *Nature neuroscience*, *7*, 773–778.
- Gaver, W. W. (1993a). How do we hear in the world? Explorations in ecological acoustics. *Ecological Psychology*, *5*, 285–313.
- Gaver, W. W. (1993b). What in the world do we hear?: An ecological approach to auditory event perception. *Ecological Psychology*, *5*, 1–29.
- Goldberg, D. M., & Pomerantz, J. R. (1982). Models of illusory pausing and sticking. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *8*, 547–561.
- Goodale, M. A., & Milner, A. D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neurosciences*, *15*, 20–25.
- Grassi, M., & Casco, C. (2009). Audiovisual bounce-inducing effect: attention alone does not explain why the discs are bouncing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *35*, 235–243.
- Grassi, M., & Casco, C. (2010). Audiovisual bounce-inducing effect: When sound congruence affects grouping in vision. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *72*, 378–386.
- Grassi, M., & Casco, C. (2012). Revealing the origin of the audiovisual bounce-inducing



- effect. *Seeing and Perceiving*, 25, 223–233.
- Grassi, M., & Darwin, C. J. (2006). The subjective duration of ramped and damped sounds. *Perception, & Psychophysics*, 68, 1382–1392.
- Graziano, M. S., Hu, X. T., & Gross, C. G. (1997). Visuospatial properties of ventral premotor cortex. *Journal of Neurophysiology*, 77, 2268–2292.
- Graziano, M. S., Yap, G. S., & Gross, C. G. (1994). Coding of visual space by premotor neurons. *Science*, 266, 1054–1057.
- Green, K. P., & Kuhl, P. K. (1989). The role of visual information in the processing of place and manner features in speech perception. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 45, 34–42.
- Grove, P. M., Ashton, J., Kawachi, Y., & Sakurai, K. (2012). Auditory transients do not affect visual sensitivity in discriminating between objective streaming and bouncing events. *Journal of Vision*, 12, 1–11.
- Grove, P. M., & Sakurai, K. (2009). Auditory induced bounce perception persists as the probability of a motion reversal is reduced. *Perception*, 38, 951–965.
- Hadamard, J. (1923). *Lectures on Cauchy's problem in linear partial differential equations*. New Haven: Yale University Press.
- Hikosaka, O., Miyauchi, S., & Shimojo, S. (1993a). Focal visual attention produces illusory temporal order and motion sensation. *Vision Research*, 33, 1219–1240.
- Hikosaka, O., Miyauchi, S., & Shimojo, S. (1993b). Visual attention revealed by an illusion of motion. *Neuroscience Research*, 18, 11–18.
- Horn, M. (1981). On the theory for RYANS universal multiple comparison procedure with treatment of ties in the ranks of samples. *Biometrical Journal*, 23, 343–355.
- Jack, C. E., & Thurlow, W. R. (1973). Effects of degree of visual association and angle of

- displacement on the " ventriloquism" effect. *Perceptual and Motor Skills*, 37, 967–979.
- Jones, J. A., & Munhall, K. G. (1997). Effects of separating auditory and visual sources on audiovisual integration of speech. *Canadian Acoustics*, 25, 13–19.
- Kanizsa, G. (1969). Perception, past experience and the impossible experiment. *Acta Psychologica*, 31, 66–96.
- Kawabe, T., & Miura, K. (2006). Effects of the orientation of moving objects on the perception of streaming/bouncing motion displays. *Perception & Psychophysics*, 68, 750–758.
- Kawachi, Y., & Gyoba, J. (2006). Presentation of a visual nearby moving object alters stream/bounce event perception. *Perception*, 35, 1289–1294.
- Kawachi, Y., & Gyoba, J. (2013). Occluded motion alters event perception. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 75, 491–500.
- Kawachi, Y., Kawabe, T., & Gyoba, J. (2011). Stream/bounce event perception reveals a temporal limit of motion correspondence based on surface feature over space and time. *i-Perception*, 2, 428–439.
- 川人光男. (1996). *脳の計算理論*. 産業図書.
- Koelewijn, T., Bronkhorst, A., & Theeuwes, J. (2010). Attention and the multiple stages of multisensory integration: A review of audiovisual studies. *Acta Psychologica*, 134, 372–384.
- Macaluso, E., & Driver, J. (2005). Multisensory spatial interactions: a window onto functional integration in the human brain. *Trends in Neurosciences*, 28, 264–271.
- Macaluso, E., Frith, C. D., & Driver, J. (2000). Modulation of human visual cortex by crossmodal spatial attention. *Science*, 289, 1206–1208.

- Makin, T. R., Holmes, N. P., & Zohary, E. (2007). Is that near my hand? Multisensory representation of peripersonal space in human intraparietal sulcus. *Journal of Neuroscience*, 27, 731–740.
- Maniglia, M., Grassi M., Casco, C., & Campana, G. (2012). The origin of the audiovisual bounce inducing effect: a TMS study. *Neuropsychologia*, 50, 1478–1482.
- Marr, D. (1982). *Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. New York: W.H. Freeman.
- McGurk, H., & MacDonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, 264, 746–748.
- Meredith, M. A., & Stein, B. E. (1983). Interactions among converging sensory inputs in the superior colliculus. *Science*, 221, 389–391.
- Meredith, M. A., & Stein, B. E. (1986). Visual, auditory, and somatosensory convergence on cells in superior colliculus results in multisensory integration. *Journal of Neurophysiology*, 56, 640–662.
- Metzger, W. (1934). Beobachtungen über phänomenale identität. *Psychologische Forschung*, 19, 1–60.
- Michotte, A. (1963). *The perception of causality* (T. R. Miles & E. Miles, Trans.). New York: Basic Books.
- Milner, D., & Goodale, M. (2006). *The visual brain in action*. Oxford University Press.
- Mishkin, M., Ungerleider, L. G., & Macko, K. A. (1983). Object vision and spatial vision: two cortical pathways. *Trends in Neurosciences*, 6, 414–417.
- Mitroff, S. R., Scholl, B. J., & Wynn, K. (2005). The relationship between object files and conscious perception. *Cognition*, 96, 67–92.
- Mitsumatsu, H. (2009). Voluntary action affects perception of bistable motion display.

- Perception*, 38, 1522–1535.
- Nagy, A., Eöördegh, G., Paróczy, Z., Márkus, Z., & Benedek, G. (2006). Multisensory integration in the basal ganglia. *European Journal of Neuroscience*, 24, 917–924.
- Neuhoff, J. G. (1998). Perceptual bias for rising tones. *Nature*, 395, 123–124.
- Neuhoff, J. G. (2001). An adaptive bias in the perception of looming auditory motion. *Ecological Psychology*, 13, 87–110.
- Poggio, T., & Koch, C. (1985). Ill-posed problems in early vision: From computational theory to analogue networks. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 226, 303–323.
- Poggio, T., Torre, V., & Koch, C. (1985). Computational vision and regularization theory. *Nature*, 317, 314–319.
- Ramachandran, V. S., & Anstis, S. M. (1983a). Perceptual organization in moving patterns. *Nature*, 304, 529–531.
- Ramachandran, V. S., & Anstis, S. M. (1983b). Extrapolation of motion path in human visual perception. *Vision Research*, 23, 83–85.
- Ramachandran, V. S., & Anstis, S. M. (1985). Perceptual organization in multistable apparent motion. *Perception*, 14, 135–143.
- Reed, C. L., Grubb, J. D., & Steele, C. (2006). Hands up: Attentional prioritization of space near the hand. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32, 166–177.
- Remijn, G. B., Ito, H., & Nakajima, Y. (2004). Audiovisual integration: An investigation of the ‘streaming-bouncing’ phenomenon. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 23, 243–247.
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Fogassi, L., & Gallese, V. (1997). The space around us. *Science*,

277, 190–191.

Rizzolatti, G., Scandolara, C., Matelli, M., & Gentilucci, M. (1981). Afferent properties of periarculate neurons in macaque monkeys. II. Visual responses. *Behavioural Brain Research*, 2, 147–163.

Ryan, T. H. (1960). Significance tests for multiple comparison of proportions, variances, and other statistics. *Psychological Bulletin*, 57, 318–328.

Saito, G., & Gyoba, J. (2016). Hand positions alter bistable visual motion perception. *i-Perception*, 7, 2041669516651379.

齋藤五大・行場次朗 (2017). 身体近傍空間内で生じる通過・反発知覚の変容. 日本認知心理学会第 15 回大会発表論文集, 74.

Saito, G., & Gyoba, J. (in press). The posture of putting one's palms together modulates visual motion event perception. *Perception*, 47, 225–231.

Sanabria, D., Correa, Á., Lupiáñez, J., & Spence, C. (2004). Bouncing or streaming? Exploring the influence of auditory cues on the interpretation of ambiguous visual motion. *Experimental Brain Research*, 157, 537–541.

Sanabria, D., Lupiáñez, J., & Spence, C. (2007). Auditory motion affects visual motion perception in a speeded discrimination task. *Experimental Brain Research*, 178, 415–421.

Sanabria, D., Soto-Faraco, S., Chan, J. S., & Spence, C. (2004). When does visual perceptual grouping affect multisensory integration?. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 4, 218–229.

Sanabria, D., Soto-Faraco, S., & Spence, C. (2004). Exploring the role of visual perceptual grouping on the audiovisual integration of motion. *NeuroReport*, 15, 2745–2749.

- Schlauch, R. S., Ries, D. T., & DiGiovanni, J. J. (2001). Duration discrimination and subjective duration for ramped and damped sounds. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *109*, 2880–2887.
- Scholl, B. J., & Nakayama, K. (2002). Causal capture: Contextual effects on the perception of collision events. *Psychological Science*, *13*, 493–498.
- Sekiyama, K., & Tohkura, Y. I. (1991). McGurk effect in non - English listeners: Few visual effects for Japanese subjects hearing Japanese syllables of high auditory intelligibility. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *90*, 1797–1805.
- Sekuler, A. B., & Sekuler, R. (1999). Collisions between moving visual targets: What controls alternative ways of seeing an ambiguous display? *Perception*, *28*, 415–432.
- Sekuler, R., Sekuler, A. B., & Lau, R. (1997). Sound alters visual motion perception. *Nature*, *385*, 308.
- Shimojo, S., Scheier, C., Nijhawan, R., Shams, L., Kamitani, Y., & Watanabe, K. (2001). Beyond perceptual modality: auditory effects on visual perception. *Acoustical Science and Technology*, *22*, 61–67.
- Shams, L., Kamitani, Y., & Shimojo, S. (2000). Illusions: What you see is what you hear. *Nature*, *408*, 788.
- Shams, L., Kamitani, Y., & Shimojo, S. (2002). Visual illusion induced by sound. *Cognitive Brain Research*, *14*, 147–152.
- Shimojo, S., & Shams, L. (2001). Sensory modalities are not separate modalities: plasticity and interactions. *Current Opinion in Neurobiology*, *11*, 505–509.
- Snowden, R. J., & Braddick, O. J. (1989a). The combination of motion signals over time. *Vision Research*, *29*, 1621–1630.

- Snowden, R. J., & Braddick, O. J. (1989b). Extension of displacement limits in multiple-exposure sequences of apparent motion. *Vision Research*, 29, 1777–1787.
- Stecker, G. C., & Hafter, E. R. (2000). An effect of temporal asymmetry on loudness. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 107, 3358–3368.
- Sumi, S. (1995). Bounce effect seen in opposite motions. *Japanese Psychological Research*, 37, 195–200.
- Talsma, D., Senkowski, D., Soto-Faraco, S., & Woldorff, M. G. (2010). The multifaceted interplay between attention and multisensory integration. *Trends in Cognitive Sciences*, 14, 400–410.
- Ursino, M., Cuppini, C., & Magosso, E. (2014). Neurocomputational approaches to modelling multisensory integration in the brain: a review. *Neural Networks*, 60, 141–165.
- van Elk, M., & Blanke, O. (2012). Balancing bistable perception during self-motion. *Experimental Brain Research*, 222, 219–228.
- Vatakis, A., & Spence, C. (2007). Crossmodal binding: Evaluating the “unity assumption” using audiovisual speech stimuli. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 69, 744–756.
- Verstraten, F. A., Cavanagh, P., & Labianca, A. T. (2000). Limits of attentive tracking reveal temporal properties of attention. *Vision Research*, 40, 3651–3664.
- Watanabe, K. (2001). *Crossmodal interaction in humans*. Unpublished doctoral dissertation, California Institute of Technology.
- Watanabe, K., & Shimojo, S. (1998). Attentional modulation in perception of visual motion events. *Perception*, 27, 1041–1054.
- Watanabe, K., & Shimojo, S. (2001a). Postcoincidence trajectory duration affects motion

- event perception. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 63, 16–28.
- Watanabe, K., & Shimojo, S. (2001b). When sound affects vision: Effects of auditory grouping on visual motion perception. *Psychological Science*, 12, 109–116.
- Welch, R. B., & Warren, D. H. (1980). Immediate perceptual response to intersensory discrepancy. *Psychological Bulletin*, 88, 638–667.
- Witt, J. K., Taylor, J. E. T., Sugovic, M., & Wixted, J. T. (2015). Signal detection measures cannot distinguish perceptual biases from response biases. *Perception*, 44, 289–300.
- Wohlschläger, A. (2000). Visual motion priming by invisible actions. *Vision Research*, 40, 925–930.
- Zacks, J. M., & Tversky, B. (2001). Event structure in perception and conception. *Psychological Bulletin*, 127, 3–21.
- Zeljko, M., & Grove, P. M. (2017a). Low-level motion characteristics do not account for perceptions of stream-bounce stimuli. *Perception*, 46, 31–49.
- Zeljko, M., & Grove, P. M. (2017b). Sensitivity and bias in the resolution of stream-bounce stimuli. *Perception*, 46, 178–204.
- Zvyagintsev, M., Nikolaev, A. R., Sachs, O., & Mathiak, K. (2011). Early attention modulates perceptual interpretation of multisensory stimuli. *NeuroReport*, 22, 586–591.



